

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2002 年 9 月 19 日 (19.09.2002)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 02/073147 A1

(51) 国際特許分類⁷: G01L 1/14, 5/22, G06F 3/033

市池沢町172番地 ニッタ株式会社 奈良工場内 Nara (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP01/04098

(22) 国際出願日: 2001 年 5 月 17 日 (17.05.2001)

(74) 代理人: 弁理士 梶 良之, 外(KAJI, Yoshiyuki et al.); 〒532-0011 大阪府大阪市淀川区西中島5丁目14番22号 リクルート新大阪ビル Osaka (JP).

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(81) 指定国 (国内): CN, US.

(30) 優先権データ:
特願2001-71668 2001 年 3 月 14 日 (14.03.2001) JP

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ニッタ株式会社 (NITTA CORPORATION) [JP/JP]; 〒556-0022 大阪府大阪市浪速区桜川四丁目4番26号 Osaka (JP).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

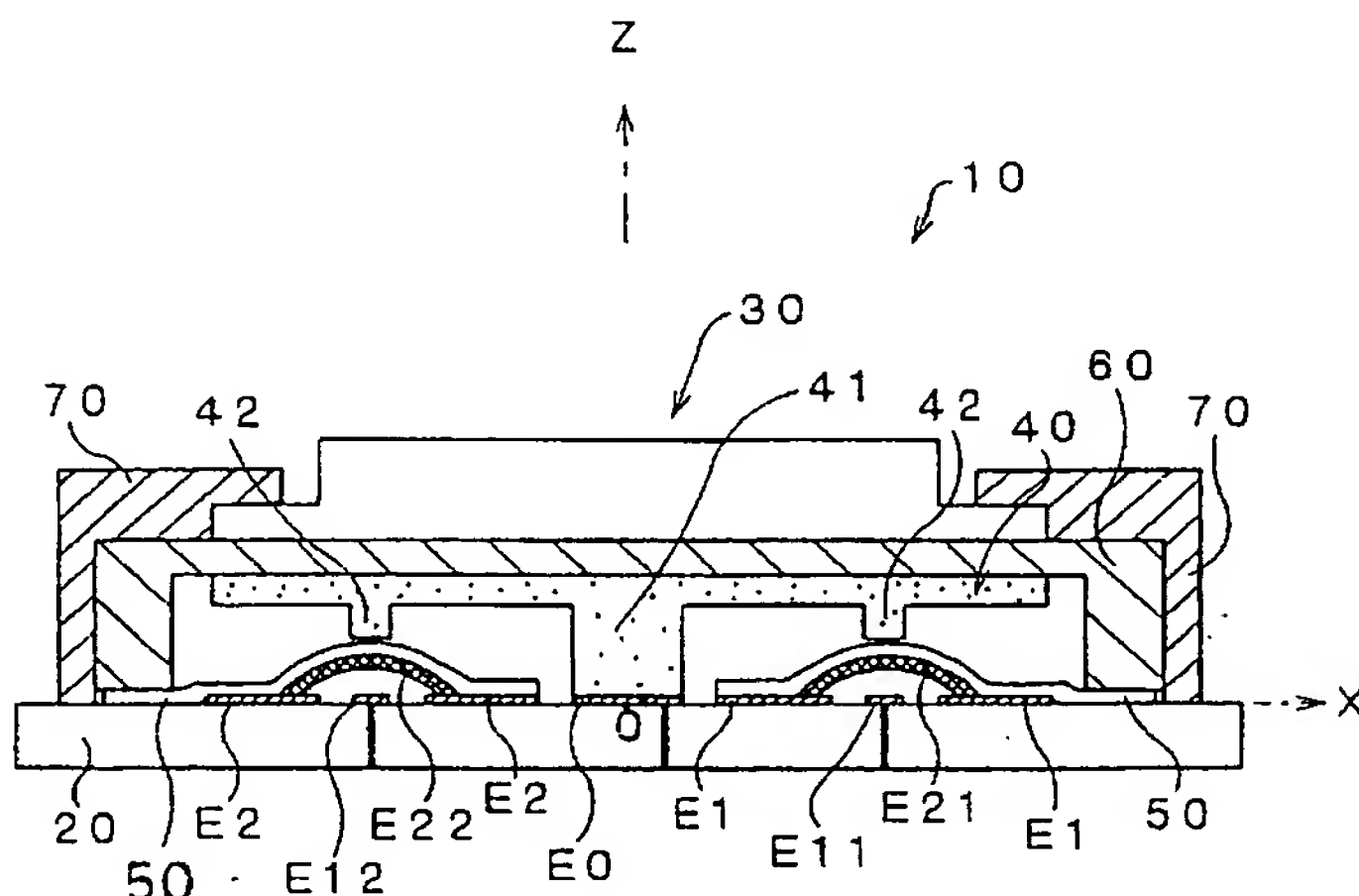
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 森本英夫 (MORIMOTO, Hideo) [JP/JP]; 〒639-1085 奈良県大和郡山

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: ELECTRICAL CAPACITANCE SENSOR

(54) 発明の名称: 静電容量式センサ



(57) Abstract: An electrical capacitance sensor, wherein a dome-shaped movable electrode for switch (E21) is disposed so as to come in contact with an electrode for capacitive element (E1) formed on a substrate (20) and be separated from and cover a fixed electrode for switch (E11) formed inside the electrode for capacitive element (E1) and, when a detection member (30) is operated and a force acting from a displacement electrode (40) to the movable electrode for switch (E21) reaches a specified value, the portion of the movable electrode for switch (E21) near the tip part thereof is recessed by the abrupt elastic deformation with a buckling and comes in contact with the fixed electrode for switch (E11), whereby a switch is turned on, and a clear click feeling is given to an operator.

[続葉有]



(57) 要約:

基板（20）上に形成された容量素子用電極（E1）に接触するとともに、容量素子用電極（E1）の内側に形成されたスイッチ用固定電極（E11）と離隔しつつこれを覆うようにドーム形状を有するスイッチ用可動電極（E21）を配置する。検知部材（30）に操作が施され、変位電極（40）からスイッチ用可動電極（E21）に作用する力が所定値に達したときに、スイッチ用可動電極（E21）の頂部近傍部分が座屈を伴って急激に弾性変形して凹んだ状態となってスイッチ用固定電極（E11）と接触する。これにより、スイッチがON状態になる。このとき、操作者には、明瞭なクリック感が与えられる。

明 細 書

静電容量式センサ

技術分野

本発明は、多次元方向の操作入力を行うために用いて好適な静電容量式センサに関し、特に、クリック感を感じつつ操作を行うことができる静電容量式センサに関する。

背景技術

静電容量式センサは、操作者が加えた力の大きさおよび方向を電気信号に変換する装置として利用されている。例えば、ゲーム機器の入力装置として、多次元方向の操作入力を行うための静電容量式力覚センサ（いわゆるジョイスティック）として組み込んだ装置が利用されている。

静電容量式センサでは、操作者から伝えられた力の大きさとして、所定のダイナミックレンジをもった操作量を入力することができる。また、加えられた力を各方向成分ごとに分けて検出することが可能な二次元または三次元力覚センサとしても利用されている。特に、2枚の電極によって静電容量素子を形成し、電極間隔の変化に起因する静電容量値の変化に基づいて力の検出を行う静電容量式力覚センサは、構造を単純化してコストダウンを図ることができるメリットがあるために、さまざまな分野で実用化されている。

例えば、日本国特開平7（1995）-200164号公報には、第22図に示すような静電容量式力覚センサが開示されている。力覚センサ510は、基板520と、基板520上に設けられた弾性ゴム板53

0 と、弾性ゴム板 5 3 0 の下面に設けられた電極部 5 4 0 と、基板 5 2 0 の上面に設けられた電極部 5 0 0 ～ 5 0 4（図 2 3 参照）と、弾性ゴム板 5 3 0 を基板 5 2 0 に対して支持固定する押え板 5 6 0 と、基板 5 2 0 の下面に設けられた電子装置 5 8 0 とから構成されている。また、電極部 5 0 0 ～ 5 0 4 は、図 2 3 に示すように、原点について対称に配置された 4 つの電極部 5 0 1 ～ 5 0 4 と、これらの外側に配置された円環状の電極部 5 0 0 とにより構成されている。また、電極部 5 4 0 の外周部分は、接地されている電極部 5 0 0 と接触しており、電極部 5 0 0 を介して接地されている。

操作者が弾性ゴム板 5 3 0 を押下すると、その押下力に伴って電極部 5 4 0 が下方に変位して、これと 4 つの電極部 5 0 1 ～ 5 0 4 との間の距離が変化する。すると、4 つの電極部 5 0 1 ～ 5 0 4 のそれぞれと電極部 5 4 0 との間で構成された容量素子の静電容量値が変化する。従って、この静電容量値の変化を検出することによって、操作者が加えた力の大きさおよび方向を知ることが可能となっている。

しかしながら、第 2 2 図および図 2 3 に示した力覚センサ 5 1 0 では、操作者が弾性ゴム板 5 3 0 を押下したとき、その押下する力に伴って電極部 5 4 0 は変位するが、その変位量は押下力に対してほぼ比例するように変化することが多く、操作者は明確な操作感を感じる事がほとんどない。したがって、操作者は操作を実行していることを感覚的に把握することなく操作を施すことになり、力覚センサ 5 1 0 の操作対象の動作を視覚により確認しない限り操作を実行していることを容易に把握することができない。

そこで、本発明の目的は、操作を実行していることを感覚的に容易に把握することができる静電容量式センサを提供することである。

発明の開示

本発明の静電容量式センサは、X Y Z三次元座標系を定義したときに、X Y平面を規定する基板と、前記基板と対向している検知部材と、前記基板と前記検知部材との間に位置し、前記検知部材がZ軸方向に変位するのに伴ってZ軸方向に変位する導電性部材と、前記基板上に形成され、前記導電性部材と電氣的に接続されるとともに、接地または一定の電位に保持された基準電極と、前記基板上に形成された第1の電極と、前記基板上に形成され、前記導電性部材との間で第1の容量素子を構成する第2の電極と、前記第2の電極に接触し且つ前記第1の電極から隔離するように配置されていると共に、前記導電性部材が変位するのに伴ってクリック感を付随しつつ弾性変形して前記第1の電極と接触可能な第3の電極とを備えている。そして、請求項1の静電容量式センサは、前記第1の電極と前記第3の電極とが接触しているときに、前記第1の電極に対して入力される信号を利用して前記導電性部材と前記第2の電極との間隔の変化に起因する前記第1の容量素子の静電容量値の変化を検出することに基づいて前記検知部材の変位を認識可能であることを特徴としたものである。

ここで、第3の電極がクリック感を付随しつつ弾性変形して第1の電極と接触可能とするために、第3の電極は、ある一定以上の外力を加えると第1の電極の方向への変位速度が（好ましくは急激に）大きくなる部材、つまり、加えられる外力が所定値を超えると、外力が所定値よりも小さいとき（このときの変位速度はゼロでもよい）よりも第1の電極の方向への変位速度が大きくなる部材で構成されている。

このような構成にすることにより、検知部材に対して操作を施す場合には、操作方向に対応する第3の電極がクリック感を付随しつつ弾性変形して第1の電極と接触したときに始めて検知部材の変位の認識が開始

されるため、操作者はクリック感を感じることで操作を実行していることを感覚的に容易に把握することができる。また、クリック感を生じさせるのに必要な所定の大きさの外力が与えられて始めて検知部材の変位の認識が開始されるので、操作者が意識的に操作したのではないクリック感を生じさせない範囲の小さな外力が検知部材に加えられたときには検知部材の変位が認識されない。従って、検知部材が偶然に別部材に接触するなどの外乱を排して、操作者の意識的な操作に基づく検知部材の変位だけを確実に検出することが可能になる。

また、本発明の静電容量式センサでは、前記第 3 の電極がドーム形状を有しており、その内側に前記第 1 の電極が配置されていてよい。これによると、導電性部材から作用する力が所定値に達したときにドーム形状をした第 3 の電極の頂部近傍が急激に変位して凹んだ状態となって第 1 の電極に接触するため、操作者に明瞭なクリック感を与えることが可能となる。

また、本発明の静電容量式センサでは、前記基準電極と前記導電性部材との間に、第 2 の容量素子が構成されていてよい。これによると、導電性部材が直接接触することによってではなく、容量結合によって接地または一定の電位に保持された基準電極と電氣的に結合される。そのため、センサの耐電圧特性が向上し、スパーク電流が流れることによってセンサが破損することがほとんどなくなるとともに、接続不良などの不具合を防止することができるため、信頼性の高い静電容量式センサを得ることができる。また、基準電極と導電性部材との間に絶縁膜を配置した場合においても、絶縁膜の一部をカットして基準電極と導電性部材とを接触させる必要がないため、組立および実装面でも有利となる。

また、本発明の静電容量式センサでは、前記第 1 の電極、前記第 2 の電極および前記第 3 の電極の組が複数形成されていてよい。これによる

と、各組を別方向の力を認識するために用いることによって多次元的な力の認識が可能になる。

また、本発明の静電容量式センサでは、前記第 1 の電極、前記第 2 の電極および前記第 3 の電極の組を 2 つ有しており、これら二組の一方を含む回路および他方を含む回路に、互いに位相が異なる信号が供給されるものであってよい。これによると、二組の一方を含む回路および他方を含む回路の時定数が同じものであるかどうかにかかわらず、検知部材の変位を認識することができる。

また、本発明の静電容量式センサでは、前記第 1 の電極、前記第 2 の電極および前記第 3 の電極の組を 2 つ有しており、これら二組の一方を含む CR 回路と他方を含む CR 回路との時定数が異なるものであってよい。このような構成によると、回路を通過することによる信号の位相のずれを大きくできるため、検知部材の変位認識の精度を向上させることができる。また、検知部材の変位検出可能範囲を大きくすることができる。

また、本発明の静電容量式センサは、前記第 1 の電極、前記第 2 の電極および前記第 3 の電極の組を 2 つ有しており、これら二組の一方を含む回路および他方を含む回路にそれぞれ入力された信号の出力信号が排他的論理和演算、論理和演算、論理積演算、論理積演算および否定演算のいずれかを行う論理素子を利用した信号処理回路により検出されることが好ましい。これによると、出力信号を精度よく検出することができ、さらに必要に応じて検出精度を調整することができる。

さらに、本発明の静電容量式センサは、前記第 2 の電極が、Y 軸に対して線対称に配置された一对の第 4 の電極と、X 軸に対して線対称に配置された一对の第 5 の電極とを含んでいるものであってよい。これによると、検知部材が外部から受けた力の X 軸方向および Y 軸方向の方向成

分をそれぞれ別々に認識することができる。

また、本発明の静電容量式センサは、前記検知部材が、前記第 4 の電極および前記第 5 の電極のそれぞれに対応して分割されていることが好ましい。このような構成によると、外部からの力の X 軸方向または Y 軸方向の各成分が明確に分離されるため、異なる方向の成分が互いに干渉するのを軽減することができ、誤操作を減少させることができる。

また、本発明の静電容量式センサは、前記基板上に形成された第 6 の電極と、前記基準電極に接触し且つ前記第 6 の電極から離隔するように配置されていると共に、前記導電性部材が変位するのに伴って弾性変形して前記第 6 の電極と接触可能な第 7 の電極とをさらに備えたものであってよい。このような構成によると、上述した効果が得られるほか、さらに、検知部材の操作によって互いに接触可能な第 6 の電極および第 7 の電極を備えていることで、入力の実行操作を行う際などに使用可能なスイッチを付加することができる。

また、本発明の静電容量式センサは、前記検知部材が、前記第 2 の電極および前記第 6 の電極に対応して分割されていることが好ましい。このような構成によると、操作方向に対応する外部からの力と決定操作に対応する外部からの力とが明確に分離されるため、これらの力が互いに干渉するのを軽減することができ、誤操作を減少させることができる。

また、本発明の静電容量式センサは、前記導電性部材が、弾性体に塗布された導電性インクにより形成されていてよい。このような構成によると、導電性部材が製造しやすく、製造コストを低減することができる。

図面の簡単な説明

第 1 図は、本発明の第 1 の実施の形態に係る静電容量式センサの模式的な断面図である。

第 2 図は、第 1 図の静電容量式センサの検知部材の上面図である。

第 3 図は、第 1 図の静電容量式センサの基板上に形成されている複数の電極の配置を示す図である。

第 4 図は、第 1 図に示す静電容量式センサの構成に対する等価回路図である。

第 5 図は、第 1 図に示す静電容量式センサの検知部材に X 軸正方向への操作が施された場合の側面の模式的な断面図である。

第 6 図は、第 1 図に示す静電容量式センサに入力される周期信号から出力信号を導出する方法を説明するための説明図である。

第 7 図は、第 1 図に示す静電容量式センサの信号処理回路を示す回路図である。

第 8 図は、第 1 図に示す静電容量式センサの X 軸方向成分についての信号処理回路を示す回路図である。

第 9 図は、第 1 図に示す信号処理回路の各端子および各節点における周期信号の波形を示す図である。

第 10 図は、第 1 図に示す静電容量式センサの X 軸方向成分についての出力信号をアナログ電圧に変換する回路を含む信号処理回路を示す回路図である。

第 11 図は、第 1 図に示す静電容量式センサの第 1 の変形例の X 軸方向成分についての信号処理回路を示す回路図である。

第 12 図は、検知部材に作用する押下力と出力されるアナログ電圧との関係を示す図である。

第 13 図は、第 1 図に示す静電容量式センサの第 2 の変形例の X 軸方向成分についての信号処理回路を示す回路図である。

第 1 4 図は、第 1 図に示す静電容量式センサの第 3 の変形例の X 軸方向成分についての信号処理回路を示す回路図である。

第 1 5 図は、第 1 図に示す静電容量式センサの第 4 の変形例の X 軸方向成分についての信号処理回路を示す回路図である。

第 1 6 図は、第 1 図に示す静電容量式センサの第 5 の変形例の X 軸方向成分についての信号処理回路を示す回路図である。

第 1 7 図は、本発明の第 2 の実施の形態に係る静電容量式センサの模式的な断面図である。

第 1 8 図は、第 1 7 図の静電容量式センサの検知部材の上面図である。

第 1 9 図は、第 1 7 図の静電容量式センサの基板上に形成されている複数の電極の配置を示す図である。

第 2 0 図は、第 1 7 図に示す静電容量式センサの構成に対する等価回路図である。

第 2 1 図は、第 1 7 図に示す静電容量式センサに入力される周期信号から出力信号を導出する方法を説明するための説明図である。

第 2 2 図は、従来の静電容量式センサの模式的な断面図である。

第 2 3 図は、第 2 2 図の静電容量式センサの基板上に形成されている複数の電極の配置を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の好適な実施の形態について、図面を参照しつつ説明する。なお、以下で説明する実施の形態は本発明の静電容量式センサを力覚センサとして用いたものである。

第 1 図は、本発明の第 1 の実施の形態に係る静電容量式センサの模式的な断面図である。第 2 図は、第 1 図の静電容量式センサの検知部材の

上面図である。第3図は、第1図の静電容量式センサの基板上に形成されている複数の電極の配置を示す図である。

静電容量式センサ10は、基板20と、人などによって操作されることによって外部から力が加えられる操作用の検知部材30と、変位電極40と、基板20上に形成された容量素子用電極E1～E4と、ドーム形状を有するスイッチ用可動電極E21～E24（第1図ではE21およびE22のみを示す）と、その内側に配置されたスイッチ用固定電極E11～E14（第1図ではE11およびE12のみを示す）と、基準電極（共通電極）E0と、複数の電極に密着して基板20上を覆うように形成された絶縁膜50と、検知部材30および変位電極40を基板20に対して支持固定する支持部材60と、支持部材60および検知部材30の周囲を覆うように配置されたカバーケース70とを有している。

ここでは、説明の便宜上、図示のとおり、XYZ三次元座標系を定義し、この座標系を参照しながら各部品に配置説明を行うことにする。すなわち、第1図では、基板20上の基準電極E0の中心位置に原点Oが定義され、右水平方向にX軸が、上垂直方向にZ軸が、紙面に垂直奥行方向にY軸がそれぞれ定義されている。ここで、基板20の表面は、XY平面を規定し、基板20上の基準電極E0、検知部材30および変位電極40のそれぞれの中心位置をZ軸が通ることになる。

基板20は、一般的な電子回路用のプリント回路基板であり、この例ではガラスエポキシ基板が用いられている。また、基板20として、ポリイミドフィルムなどのフィルム状の基板を用いてもよいが、フィルム状の基板の場合は可撓性を有しているため、十分な剛性をもった支持基板上に配置して用いるのが好ましい。

検知部材30は、受力部となる小径の上段部31と、上段部31の下

端部に伸延する大径の下段部 3 2 とから構成され、全体として円盤状に形成されている。ここで、上段部 3 1 の径は、容量素子用電極 E 1 ～ E 4 のそれぞれの外側の曲線を結んでできる円の径より小さく、下段部 3 2 の径は、容量素子用電極 E 1 ～ E 4 のそれぞれの外側の曲線を結んでできる円の径とほぼ同じである。なお、操作性を向上させるために、検知部材 3 0 に樹脂製のキャップをかぶせてもよい。

また、検知部材 3 0 の上段部 3 1 の上面には、第 2 図に示すように、X 軸および Y 軸のそれぞれの正方向および負方向に対応するように、すなわち、容量素子用電極 E 1 ～ E 4 に対応するように、操作方向（カーソルの移動方向）に対応した矢印が形成されている。

変位電極 4 0 は、導電性を有するシリコンゴムで形成され、容量素子用電極 E 1 ～ E 4 のそれぞれの外側の曲線を結んでできる円の径とほぼ同一の径を有する円盤状であり、弾性を有するシリコンゴムで形成された支持部材 6 0 の下面に付着されている。また、変位電極 4 0 の下面には、変位電極 4 0 の中心位置を中心とし、基準電極 E 0 と同一の径の円形で下方に突出した凸部 4 1 が形成されている。凸部 4 1 は、その下面が基準電極 E 0 と接触することができる高さを有している。このように、変位電極 4 0 の中心位置に凸部 4 1 が形成されているため、検知部材 3 0 に力が作用したときに変位電極 4 0 が凸部 4 1 を支点として傾くことができるようになっている。また、スイッチ用固定電極 E 1 1 ～ E 1 4 にそれぞれ対向する位置には、4 つの突起体 4 2 が形成されている。

なお、変位電極 4 0 としては、シリコンゴムの他、例えば、導電性インク、導電性熱可塑性樹脂（PPT、エラストマー）、導電性プラスチック、金属蒸着フィルムを用いてもよい。また、変位電極 4 0 の突起体 4 2 は無くてもよい。

また、基板 20 上には、第 3 図に示すように、原点 O を中心とする円形の基準電極 E 0 と、その外側に扇形であり、それぞれのほぼ中央部に円形の孔 H 1 ～ H 4 を有する容量素子用電極 E 1 ～ E 4 と、孔 H 1 ～ H 4 の内側で、孔 H 1 ～ H 4 の径よりも小さい径を有する円形のスイッチ用固定電極 E 11 ～ E 14 とが形成されている。ここで、スイッチ用固定電極 E 11 ～ E 14 の面積は、容量素子用電極 E 1 ～ E 4 の面積に比べて極力小さい方が好ましい。一对の容量素子用電極 E 1 および E 2 は、X 軸方向に離隔して Y 軸に対して線対称に配置されている。また、一对の容量素子用電極 E 3 および E 4 は、Y 軸方向に離隔して X 軸に対して線対称に配置されている。なお、基準電極 E 0 は、容量素子用電極 E 1 ～ E 4 の外側に形成されてもよい。この場合には、変位電極 40 の凸部 41 も容量素子用電極 E 1 ～ E 4 の外側に形成される。

ここでは、容量素子用電極 E 1 は X 軸の正方向に対応するように配置され、一方、容量素子用電極 E 2 は X 軸の負方向に対応するように配置され、外部からの力の X 軸方向成分の検出に利用される。また、容量素子用電極 E 3 は Y 軸の正方向に対応するように配置され、一方、容量素子用電極 E 4 は Y 軸の負方向に対応するように配置され、外部からの力の Y 軸方向成分の検出に利用される。

基準電極 E 0 およびスイッチ用固定電極 E 11 ～ E 14 は、スルーホールなどを利用して端子 T 0 ～ T 5（第 4 図参照）にそれぞれ接続されており、端子 T 0 ～ T 5 を通じて外部の電子回路に接続されるようになっている。なお、ここでは、基準電極 E 0 は、端子 T 0 を介して接地されている。

また、容量素子用電極 E 1 ～ E 4 にそれぞれ接触するとともに、スイッチ用固定電極 E 11 ～ E 14 と離隔しつつこれを覆うようにスイッチ用可動電極 E 21 ～ E 24 が配置されている。したがって、スイッチ用

可動電極E 2 1～E 2 4は孔H 1～H 4よりも大きい径を有するドーム状の部材である。

また、絶縁膜5 0は、基板2 0上の容量素子用電極E 1～E 4の一部およびスイッチ用可動電極E 2 1～E 2 4に密着して、基板2 0上を覆うように形成されている。このため、銅などで形成された容量素子用電極E 1～E 4およびスイッチ用可動電極E 2 1～E 2 4の絶縁膜5 0で覆われている部分は空気にさらされることがなく、それらが酸化されるのを防止する機能を有している。なお、容量素子用電極E 1～E 4およびスイッチ用可動電極E 2 1～E 2 4に対して、その表面への金メッキの形成などの酸化防止対策を施しておいてもよい。また、絶縁膜5 0が形成されているため、容量素子用電極E 1～E 4およびスイッチ用可動電極E 2 1～E 2 4と、変位電極4 0とが直接接触することはない。

次に、上述のように構成された本実施の形態に係る静電容量式センサ1 0の動作について、図面を参照して説明する。第4図は、第1図に示す静電容量式センサの構成に対する等価回路図である。第5図は、第1図に示す静電容量式センサの検知部材にX軸正方向への操作が施された場合の側面の模式的な断面図である。第6図は、第1図に示す静電容量式センサに入力される周期信号から出力信号を導出する方法を説明するための説明図である。

まず、静電容量式センサ1 0の構成と等価な回路構成について、第4図を参照して説明する。基板2 0上に形成された容量素子用電極E 1～E 4は、変位電極4 0と対向している。ここで、容量素子用電極E 1～E 4に接続されたスイッチ用可動電極E 2 1～E 2 4は、スイッチ用固定電極E 1 1～E 1 4と接触する位置または接触しない位置を選択的にとり得ることにより、端子T 1～T 4と容量素子用電極E 1～E 4とを接続させるまたは接続させないスイッチS 1～S 4としての機能を有し

ている。

スイッチ用可動電極E 2 1～E 2 4がスイッチ用固定電極E 1 1～E 1 4と接触していない（スイッチがOFF状態）場合には、スイッチ用固定電極E 1 1～E 1 4の面積が容量素子用電極E 1～E 4の面積に比べて非常に小さく、または、スイッチ用可動電極E 2 1～E 2 4が一種の静電シールドとなることにより、スイッチ用可動電極E 2 1～E 2 4とスイッチ用固定電極E 1 1～E 1 4との間には、静電容量がほとんど発生しない。

一方、スイッチ用可動電極E 2 1～E 2 4がスイッチ用固定電極E 1 1～E 1 4と接触している（スイッチがON状態）場合には、容量素子用電極E 1～E 4がスイッチ用固定電極E 1 1～E 1 4と接続され、容量素子用電極E 1～E 4と変位電極4 0とが対向して、共通の電極である変位可能な変位電極4 0と、固定された個別の容量素子用電極E 1～E 4との間で容量素子C 1～C 4を構成する。容量素子C 1～C 4は、それぞれ変位電極4 0の変位に起因して静電容量値が変化するように構成された可変容量素子であるといえることができる。

容量素子C 1～C 4のそれぞれの静電容量値は、変位電極4 0と、容量素子用電極E 1～E 4のそれぞれに接続された端子T 1～T 4との間の静電容量値として、それぞれ独立して測定することができる。ここで、基準電極E 0は、端子T 0を介して接地されているため、容量素子C 1～C 4における共通の電極である変位電極4 0は接地されていると考えられる。

次に、第1図に示す検知部材3 0に力が作用していないときの状態において、第5図に示すように、検知部材3 0にX軸正方向への操作のみが施された場合、すなわち、検知部材3 0の上段部3 1に形成されたX軸正方向に対応するように形成された矢印を基板2 0側に押し下げるよ

うな力（Z軸負方向への力）を加えた場合を考える。

検知部材 3 0 の X 軸正方向に対応する部分が押し下げられることにより、変位電極 4 0 に形成された X 軸正方向に対応する突起体 4 2 が下方へと変位する。すると、突起体 4 2 から絶縁膜 5 0 を介してスイッチ用可動電極 E 2 1 の中央部に対して下方向への力が作用する。そして、その力が所定値に満たないときにはスイッチ用可動電極 E 2 1 はほとんど変位しないが、その力が所定値に達したときには、スイッチ用可動電極 E 2 1 の頂部近傍部分が座屈を伴って急激に弾性変形して凹んだ状態となってスイッチ用固定電極 E 1 1 と接触する。これにより、スイッチ S 1 が ON 状態になる。このとき、操作者には、明瞭なクリック感が与えられることになる。その後、引き続き検知部材 3 0 が変位すると、スイッチ S 1 が ON 状態を保持しつつ変位電極 4 0 がさらに変位することにより、変位電極 4 0 の X 軸正方向部分と容量素子用電極 E 1 との間隔が変化する。

このように、容量素子 C 1 を構成する電極（変位電極 4 0 の X 軸正方向部分と容量素子用電極 E 1）の間隔が変化すると、それに伴って容量素子 C 1 の静電容量値も変化する。ここで、一般的に、容量素子の静電容量値は、容量素子を構成する電極の間隔に反比例する。したがって、容量素子 C 1 を構成する電極が小さくなることから容量素子 C 1 の静電容量値は大きくなる。

一方、このとき変位電極 4 0 の X 軸負方向部分はほとんど変位しない。また、変位電極 4 0 の Y 軸正方向部分および変位電極 4 0 の Y 軸負方向部分もほとんど変位しない。ここで、実際には、検知部材 3 0 に対する力の加わり方によっては、変位電極 4 0 の X 軸負方向部分、Y 軸正方向部分および Y 軸負方向部分が、それぞれ下方に若干変位する場合もあるが、それぞれの方向に対応するスイッチ用可動電極 E 2 2 ～ E 2 4 と

スイッチ用固定電極E 1 2～E 1 4とを接触させるまで変位電極4 0のそれぞれの部分に変位しない限り、スイッチS 2～S 4はOFF状態を保持するため、スイッチ用可動電極E 2 2～E 2 4とスイッチ用固定電極E 1 2～E 1 4との間には静電容量がほとんど発生せず、それらの変位は出力に影響を与えない。

以上のように、検知部材3 0にX軸正方向への操作のみが施された場合は、容量素子C 1～C 4のなかで、スイッチS 1～S 4がON状態を保持しつつ容量素子用電極E 1～E 4と変位電極4 0との間の間隔に変化があった容量素子C 1の静電容量値のみが変化する。

次に、スイッチ用可動電極E 2 1～E 2 4とスイッチ用固定電極E 1 1～E 1 4とが接触している（スイッチS 1～S 4がON状態）場合において、容量素子C 1～C 4のそれぞれの静電容量値の変化から検知部材3 0への外部からの力の大きさおよび方向を示す出力信号の導出方法について、第6図を参照して説明する。ここで、出力信号V_x、V_yは、それぞれ外部からの力のX軸方向成分およびY軸方向成分の大きさおよび方向を示す。

ここで、出力信号V_x、V_yを導出するために、端子T 1～T 4に対して、常にクロック信号などの周期信号が入力される。端子T 1～T 4に周期信号が入力されている状態で、検知部材3 0が外部からの力を受けて変位すると、これに伴って変位電極4 0がZ軸方向に変位する。そして、変位電極4 0からスイッチ用可動電極E 2 1～E 2 4に作用する力が所定値に達すると、スイッチ用可動電極E 2 1～E 2 4の中央部が座屈をとめない弾性変形することにより、スイッチ用固定電極E 1 1～E 1 4と接触してスイッチS 1～S 4がON状態になる。その後、引き続き検知部材3 0が変位すると、スイッチS 1～S 4がON状態を保持しつつ変位電極4 0がさらに変位することにより、容量素子C 1～C 4の

電極間隔が変化して、容量素子C 1～C 4のそれぞれの静電容量値が変化する。すると、端子T 1～T 4に入力された周期信号の位相にずれが生じる。このように、周期信号に生じる位相のずれを利用して、検知部材3 0の変位、つまり検知部材3 0が外部から受けた力のX軸方向およびY軸方向の大きさと方向を示す出力信号V_x、V_yを得ることができる。

さらに詳細に説明すると、端子T 1～T 4に対して周期信号を入力するとき、端子T 1、T 3に対しては周期信号Aが入力され、一方、端子T 2、T 4に対しては周期信号Aと同一の周期で、かつ、周期信号Aの位相とは異なる周期信号Bが入力される。そのとき、検知部材3 0が外部から力を受けて、容量素子C 1～C 4の静電容量値がそれぞれ変化すると、端子T 1～T 4にそれぞれ入力された周期信号Aまたは周期信号Bの位相にそれぞれ異なった量のずれが生じる。

すなわち、外部からの力にX軸正方向成分が含まれる場合は、容量素子C 1の静電容量値が変化し、端子T 1に入力された周期信号Aの位相にずれが生じる。また、外部からの力にX軸負方向成分が含まれる場合は、容量素子C 2の静電容量値が変化し、端子T 2に入力された周期信号Bの位相にもずれが生じる。ここで、容量素子C 1、C 2の静電容量値の変化量は、それぞれ外部からの力のX軸正方向成分、X軸負方向成分の大きさに対応している。このように、端子T 1および端子T 2にそれぞれ入力された周期信号Aおよび周期信号Bの位相のずれを排他和回路で読み取ることによって、出力信号V_xが導出される。この出力信号V_xの符号が、外部からの力のX軸方向成分が正方向または負方向の向きかを示し、その絶対値がX軸方向成分の大きさを示す。

また、外部からの力にY軸正方向成分が含まれる場合は、容量素子C 3の静電容量値が変化し、端子T 3に入力された周期信号Aの位相にず

れが生じる。また、外部からの力にY軸負方向成分が含まれる場合は、容量素子C 4の静電容量値が変化し、端子T 4に入力された周期信号Bの位相にもずれが生じる。ここで、容量素子C 3、C 4の静電容量値の変化量は、それぞれ外部からの力のY軸正方向成分、Y軸負方向成分の大きさに対応している。このように、端子T 3および端子T 4にそれぞれ入力された周期信号Aおよび周期信号Bの位相のずれを排他和回路で読み取ることによって、出力信号 V_y が導出される。この出力信号 V_y の符号が、外部からの力のY軸方向成分が正方向または負方向の向きかを示し、その絶対値がY軸方向成分の大きさを示す。

なお、外部からの力にX軸方向成分またはY軸方向成分が含まれる場合において、X軸正方向およびX軸負方向の両方の成分またはY軸正方向およびY軸負方向の両方の成分を含む場合がある。ここで、例えばX軸方向について考えると、X軸正方向成分およびX軸負方向成分のそれぞれの大きさが同じ場合の出力信号 V_x の値は、外部からの力にX軸方向成分が含まれない場合の出力信号 V_x の値とほとんど同じである（詳細は、後述する）。一方、X軸正方向成分とX軸負方向成分とが異なる場合には、端子T 1、T 2に入力されたそれぞれの周期信号Aおよび周期信号Bの位相のずれる量がそれぞれ異なり、上述した場合と同様に、その位相のずれを排他和回路で読み取ることによって、出力信号 V_x が導出される。また、このことは、Y軸方向についての出力信号 V_y の導出に対しても同様のことがいえる。

次に、端子T 1～T 4に入力された周期信号A、Bによる出力信号 V_x 、 V_y を導出するための信号処理回路について、図面を参照しながら説明する。第7図は、第1図に示す静電容量式センサの信号処理回路を示す回路図である。

第7図に示す信号処理回路において、端子T 1～T 4には、図示され

ていない交流信号発振器から所定周波数の周期信号が入力される。これらの端子T 1～T 4には、抵抗素子R 1～R 4がそれぞれ接続されている。また、抵抗素子R 1、R 2の出力端および抵抗素子R 3、R 4の出力端には、それぞれ排他和回路の論理素子であるE X－O R素子8 1、8 2が接続されており、その出力端は端子T 1 1～T 1 2に接続されている。さらに、抵抗素子R 1～R 4の出力端は、スイッチ用固定電極E 1 1～E 1 4およびスイッチ用可動電極E 2 1～E 2 4により構成されるスイッチS 1～S 4の入力端にそれぞれ接続されている。スイッチS 1～S 4の出力端は、それぞれ容量素子用電極E 1～E 4と変位電極4 0との間で構成される容量素子C 1～C 4に接続されている。また、容量素子C 1～C 4のそれぞれの一方の電極である変位電極4 0は接地されている。

ここから、例として、X軸方向成分の出力信号V_xの導出方法について、第8図を参照して説明する。なお、Y軸方向成分の出力信号V_yの導出方法についても同様であるので説明を省略する。第8図は、第1図に示す静電容量式センサのX軸方向成分についての信号処理回路を示す回路図（第7図の一部）である。この信号処理回路において、容量素子C 1と抵抗素子R 1および容量素子C 2と抵抗素子R 2はそれぞれC R遅延回路を形成している。端子T 1、T 2に入力された周期信号（矩形波信号）は、それぞれC R遅延回路によって所定の遅延が生じ、E X－O R素子8 1において合流する。

なお、端子T 1、T 2に対して十分な駆動能力を持った信号を供給することが出来ない場合には、端子T 1と抵抗素子R 1との間および端子T 2と抵抗素子R 2との間にインバータ素子を挿入するのが好ましい。ここで、インバータ素子は、C R遅延回路を駆動するために十分な駆動電力を発生させる素子であり、論理的には意味のない素子である。また

、インバータ素子として、同一の素子を用いることにより、異なる経路の信号を同じ条件で比較することが可能である。

次に、第 8 図の回路の動作について、第 9 図を参照して説明する。第 9 図は、第 8 図に示す信号処理回路の各端子および各節点における周期信号の波形を示す図である。

第 8 図の信号処理回路において、端子 T 1、T 2 のそれぞれに入力された周期信号は、C R 遅延回路を通過することにより、それぞれ所定の遅延を生じて、それぞれ E X - O R 素子 8 1 に入力される。詳細に説明すると、端子 T 1 には周期信号 $f(\phi)$ (上述の周期信号 A に対応しており、以下周期信号 A と称する) が入力され、また、端子 T 2 には $f(\phi)$ と同一の周期で、かつ、位相が θ だけずれている周期信号 $f(\phi + \theta)$ (上述の周期信号 B に対応しており、以下周期信号 B と称する) が入力される。ここでは、周期信号 A のデューティ比 D_0 は 50% であり、周期信号 B は周期信号 A の位相が周期信号 A の周期の $1/4$ だけ進んでいる場合について説明する。

ここで、端子 T 1、T 2 にそれぞれ入力される異なる位相の周期信号 A および周期信号 B は、1 つの交流信号発振器から出力された周期信号を 2 つの経路に分け、その一方の経路に図示しない C R 遅延回路を設け、C R 遅延回路を通過する周期信号の位相を遅延させることによって発生させられる。なお、周期信号の位相をずらせる方法は、C R 遅延回路を用いる方法に限らず、他のどのような方法であってもよいし、また、2 つの交流信号発振器を用いて、それぞれ異なる位相の周期信号 A および周期信号 B を発生させ、端子 T 1、T 2 のそれぞれに入力してもよい。

第 9 図の (a)、(b) は、端子 T 1、T 2 に入力される周期信号 A および周期信号 B の波形を示している。ここで、検知部材 30 に外部か

ら力が作用していない（操作が施されない）状態では、第 8 図の信号処理回路のスイッチ S 1、S 2 は OFF 状態であるため、容量素子 C 1、C 2 は無視できる位に十分小さく、周期信号 A および周期信号 B はほとんど遅延することなく EX-OR 素子 8 1 に入力される。したがって、EX-OR 素子 8 1 には、端子 T 1、T 2 における周期信号と同一の波形の信号が入力され、これらの信号の間で排他的論理演算が行われ、その結果を端子 T 1 1 に対して出力される。ここで、端子 T 1 1 に対して出力される出力信号 V_xは、第 9 図の（c）に示すように、デューティ比 D 1 を有する矩形波信号である。

次に、検知部材 3 0 に X 軸正方向への操作のみが施された場合（図 5 参照）には、スイッチ S 1 が ON 状態となり、容量素子 C 1 が抵抗素子 R 1 に接続されることにより遅延回路が構成される。端子 T 1 に入力される周期信号 A は、容量素子 C 1 および抵抗素子 R 1 で構成する遅延回路を通過することにより遅延して節点 X 1 に到達する。ここで、第 9 図（d）は、端子 T 1 に周期信号 A を入力した場合の第 8 図に示す信号処理回路の節点 X 1 における電位の変化を示している。

端子 T 1 に「H i」または「L o」の信号を繰り返す周期信号が入力された場合には、第 9 図（d）に示すように、「H i」の信号の入力が開始すると CR 遅延回路を構成する容量素子 C 1 に次第に電荷が蓄えられることにより、節点 X 1 における電位は次第に増加し、また、「L o」の信号の入力が開始すると CR 遅延回路を構成する容量素子 C 1 の電荷が次第に放電されることにより節点 X 1 における電位は次第に減少するという変化を繰り返す。

なお、実際には、節点 X 1 の電位の波形は、所定のしきい値を有するコンパレータ（図示しない）を介することによって矩形波（パルス波形）に変換されるようになっている。このコンパレータでは、設定された

しきい値よりも大きい場合は「H i」の信号を出力し、小さい場合は「L o」の信号を出力することにより矩形波を形成する。ここで、EX-OR素子81がC-MOS型の論理素子の場合には、電源電圧が V_{cc} であれば、コンパレータのしきい値電圧を $V_{cc}/2$ 程度としておくことが好ましい。このように、節点X1の電位の波形は、コンパレータを介することにより、第9図(e)に示すように、デューティ比 D_2 を有する矩形波に変換される。

また、このときスイッチS2はOFF状態であるから、容量素子C2および抵抗素子R2は遅延回路を構成しないため、節点X2に到達する周期信号の波形は周期信号B(第9図(b)に示す波形の信号)と同一である。

したがって、EX-OR素子81には、節点X1、X2における周期信号と同一の波形の信号(第9図(b)および第9図(e)に示す波形の信号)が入力され、これらの信号の間で排他的論理演算が行われ、その結果を端子T11に対して出力される。ここで、端子T11に対して出力される出力信号 V_x は、第9図(f)に示すようにデューティ比 D_3 を有する矩形波信号である。

なお、検知部材30のX軸正方向部分がさらに押下されると、変位電極40と容量素子用電極E1との間隔が小さくなり、それに伴って容量素子C1の静電容量値が大きくなる。このとき、周期信号Aが遅延回路を通過することによる位相のずれ(遅延する量)はおおきくなり、端子T11に対して出力される出力信号 V_x のデューティ比 D_3 も大きくなる。

次に、検知部材30にX軸負方向への操作のみが施された場合には、スイッチS2がON状態となり、容量素子C2が抵抗素子R2に接続されることにより遅延回路が構成される。端子T2に入力される周期信号

Bは、容量素子C 2および抵抗素子R 2で構成する遅延回路を通過することにより遅延して節点X 2に到達する。ここで、第9図(g)は、端子T 2に周期信号Bを入力した場合の第8図に示す信号処理回路の節点X 2における電位の変化を示している。

端子T 2に「H i」または「L o」の信号を繰り返す周期信号が入力された場合には、第9図(g)に示すように、「H i」の信号の入力が開始するとCR遅延回路を構成する容量素子C 2に次第に電荷が蓄えられることにより、節点X 2における電位は次第に増加し、また、「L o」の信号の入力が開始するとCR遅延回路を構成する容量素子C 2の電荷が次第に放電されることにより節点X 2における電位は次第に減少するという変化を繰り返す。

なお、実際には、節点X 2の電位の波形は、所定のしきい値を有するコンパレータ(図示しない)を介することによって矩形波(パルス波形)に変換されるようになっている。このコンパレータでは、設定されたしきい値よりも大きい場合は「H i」の信号を出力し、小さい場合は「L o」の信号を出力することにより矩形波を形成する。ここで、EX-OR素子8 1がC-MOS型の論理素子の場合には、電源電圧がV_{cc}であれば、コンパレータのしきい値電圧をV_{cc}/2程度としておくことが好ましい。このように、節点X 2の電位の波形は、コンパレータを介することにより、第9図(h)に示すように、デューティ比D 4を有する矩形波に変換される。

また、このときスイッチS 1はOFF状態であるから、容量素子C 1および抵抗素子R 1は遅延回路を構成しないため、節点X 1に到達する周期信号の波形は周期信号A(第9図(a)に示す波形の信号)と同一である。

したがって、EX-OR素子8 1には、節点X 1、X 2における周期

信号と同一の波形の信号（第9図（a）および第9図（h）に示す波形の信号）が入力され、これらの信号の間で排他的論理演算が行われ、その結果を端子T 1 1に対して出力される。ここで、端子T 1 1に対して出力される出力信号V_xは、第9図（i）に示すようにデューティ比D₅を有する矩形波信号である。

検知部材3 0のX軸負方向部分がさらに押下されると、変位電極4 0と容量素子用電極E 2との間隔が小さくなり、それに伴って容量素子C 2の静電容量値が大きくなる。このとき、周期信号Bが遅延回路を通過することによる位相のずれ（遅延する量）はおおきくなり、端子T 1 1に対して出力される出力信号V_xのデューティ比D₃は小さくなる。

このように、検知部材3 0にX軸負方向への操作のみが施された場合に端子T 1 1に対して出力される出力信号V_xのデューティ比D₅（第9図（i）参照）は、検知部材3 0にX軸正方向への操作のみが施された場合に端子T 1 1に対して出力される出力信号V_xのデューティ比D₂（第9図（e）参照）よりも小さくなっている。

ここで、検知部材3 0にX軸正方向およびX軸負方向への操作が同時に施された場合には、端子T 1、T 2に入力される周期信号Aおよび周期信号Bは、容量素子C 1および抵抗素子R 1で構成する遅延回路および容量素子C 2および抵抗素子R 2で構成する遅延回路をそれぞれ通過して節点X 1、X 2に到達する。したがって、このときの節点X 1、X 2における電位の変化は第9図（d）および第9図（g）に示すようになる。

したがって、EX-OR素子8 1には、節点X 1、X 2における電位の変化（第9図（d）および第9図（g）に示す波形）を所定のしきい値でデジタル化した信号（第9図（e）および第9図（h）に示す波形の信号）が入力され、これらの信号の間で排他的論理演算が行われ、そ

の結果を端子T 1 1 に対して出力される。ここで、端子T 1 1 に対して出力される出力信号 V_x は、第9図(j)に示すようにデューティ比D 6 を有する矩形波信号である。

このように、検知部材3 0 にX軸正方向およびX軸負方向への操作が同時に施された場合に端子T 1 1 に対して出力される出力信号 V_x のデューティ比D 6 (第9図(j)参照)は、検知部材3 0 に操作が施されない場合に端子T 1 1 に対して出力される出力信号 V_x のデューティ比D 1 (第9図(c)参照)とほとんど同じである。但し、両者の信号の位相はずれている。

また、端子T 1 1 に対して出力される出力信号 V_x は、アナログ電圧 $V_{x'}$ に変換して利用することができる。第10図は、第1図に示す静電容量式センサのX軸方向成分についての出力信号をアナログ電圧に変換する回路を含む信号処理回路を示す回路図である。

第10図に示すように、端子T 1 1 に対して出力される出力信号 V_x は、抵抗素子R 5 0 および容量素子C 5 0 で構成されるローパスフィルタ5 0 を通過することにより平滑され、端子5 0 に対してアナログ電圧 $V_{x'}$ として出力される。このアナログ電圧 $V_{x'}$ の値は、出力信号 V_x のデューティ比に比例して変化する。したがって、出力信号 V_x のデューティ比が大きくなるとそれに伴ってアナログ電圧 $V_{x'}$ の値も大きくなり、一方、出力信号 V_x のデューティ比が小さくなるとそれに伴ってアナログ電圧 $V_{x'}$ の値も小さくなる。また、出力信号 V_x デューティ比がほとんど変化しないときはアナログ電圧 $V_{x'}$ の値もほとんど変化しない。

以上のように、本実施の形態の静電容量式センサ1 0 は、検知部材3 0 に対して操作を施す場合には、操作方向に対応するスイッチ用可動電極E 2 1 ~ E 2 4 がクリック感を付随しつつ弾性変形してスイッチ用固

定電極E 1 1～E 1 4 と接触したときにはじめて検知部材3 0の変位の認識を開始するため、操作者はクリック感を感じることで操作を実行していることを感覚的に容易に把握することができる。また、クリック感を生じさせるのに必要な所定の大きさの外力が与えられて始めて検知部材3 0の変位の認識が開始されるので、操作者が意識的に操作したのではないクリック感を生じさせない範囲の小さな外力が検知部材3 0に加えられたときには検知部材3 0の変位が認識されない。従って、検知部材3 0が偶然に別部材に接触するなどの外乱を排して、操作者の意識的な操作に基づく検知部材3 0の変位だけを確実に検出することが可能になる。

また、複数の容量素子用電極E 1～E 4 が形成され、検知部材3 0が外部から受けた力のX軸方向およびY軸方向の方向成分をそれぞれ別々に認識することができる。ここで、対となる容量素子用電極（E 1およびE 2、E 3およびE 4）に対して、互いに位相が異なる信号が供給されるため、回路を通過することによる信号の位相のずれを大きくでき、さらに、その信号を論理素子を利用した信号処理回路を用いるため、精度よく検出することができる。なお、この構成の静電容量式センサは、パソコン、携帯電話、ゲームなどの入力装置として利用されるのに好ましい。

次に、本発明の第1の実施の形態の第1の変形例について、図面を参照しつつ説明する。第11図は、第1の変形例に係る静電容量式センサのX軸方向成分についての信号処理回路を示す回路図である。第12図は、検知部材に作用する押下力と出力されるアナログ電圧との関係を示す図である。第11図の信号処理回路が、第1図の静電容量式センサの信号処理回路と異なる点は、第10図のローパスフィルター50と端子11との間に回路60が接続されている点である。なお、その他の構成

は、第1図の静電容量式センサと同一であるので、同一符号を付して説明を省略する。

回路60は、コンパレータ63、64と、可変抵抗器65、66と、端子61、62とを有しており、ローパスフィルター50と端子11との間の節点X60に接続されている。コンパレータ63の一方の入力端子には可変抵抗器65が接続されており、他方の入力端子は節点X60に接続されている。また、コンパレータ63の出力端子は端子61に接続されている。同様に、コンパレータ64の一方の入力端子には可変抵抗器66が接続されており、他方の入力端子は節点X60に接続されている。また、コンパレータ64の出力端子は端子62に接続されている。ここで、可変抵抗器65、66には図示しない電源によって所定の電圧が印可されており、それぞれの抵抗値を変化させることによりコンパレータ63、64に入力される値（以下、比較値と称する）を変更することができる。

ここで、検知部材30に作用する押下力 F_{x1} 、 F_{x2} と出力されるアナログ電圧 $V_{x'}$ との関係を第12図を参照して説明する。なお、押下力 F_{x1} および押下力 F_{x2} は、それぞれ検知部材30のX軸正方向およびX軸負方向に作用する力を示している。押下力 F_{x1} および押下力 F_{x2} がともに作用していないときのアナログ電圧 $V_{x'}$ の値は電圧値aである。

押下力 F_{x1} が押下力 F_{x10} に達するまではアナログ電圧 $V_{x'}$ の値は電圧値aのままで変化しない。そして、押下力 F_{x1} が押下力 F_{x10} に達すると、アナログ電圧 $V_{x'}$ の値は電圧値bに瞬時に増加する。なお、押下力 F_{x10} は、第1の実施の形態で説明において、スイッチ用可動電極E21の中央部が座屈を伴うことで変位が急増するときの力（所定値）に対応している。さらに、押下力 F_{x1} が増加すると、それに

伴ってアナログ電圧 $V_{x'}$ の値は比例するように増加する。

同様に、押下力 F_{x2} が押下力 F_{x20} に達するまではアナログ電圧 $V_{x'}$ の値は電圧値 a のままで変化しない。そして、押下力 F_{x2} が押下力 F_{x20} に達すると、アナログ電圧 $V_{x'}$ の値は電圧値 c に瞬時に減少する。なお、押下力 F_{x20} は、第1の実施の形態で説明において、スイッチ用可動電極 E_{22} の中央部が座屈を伴うことで変位が急増するときの力（所定値）に対応している。さらに、押下力 F_{x2} が増加すると、それに伴ってアナログ電圧 $V_{x'}$ の値は比例するように減少する。

したがって、可変抵抗器65の抵抗値を変化させてコンパレータ63の比較値を電圧値 a と電圧値 b との間に設定することにより、端子61に対してON状態またはOFF状態のいずれかを示す信号を出力することが出来る。すなわち、押下力 F_{x1} が押下力 F_{x10} に達するまではOFF状態を示し、押下力 F_{x1} が押下力 F_{x10} に達するとON状態を示す信号を出力することが出来る（第12図参照）。

また同様に、可変抵抗器66の抵抗値を変化させてコンパレータ64の比較値を電圧値 a と電圧値 c との間に設定することにより、端子62に対してON状態またはOFF状態のいずれかを示す信号を出力することが出来る。すなわち、押下力 F_{x2} が押下力 F_{x20} に達するまではOFF状態を示し、押下力 F_{x2} が押下力 F_{x20} に達するとON状態を示す信号を出力することが出来る（第12図参照）。

以上のように、回路60を含む信号処理回路を用いると、静電容量式センサ10をスイッチ機能を有するアナログ電圧制御装置として利用することができる。すなわち、スイッチ S_1 、 S_2 を外部からの力のX軸方向の成分の認識を開始するためのスイッチとして用いるとともに、その他の接続された回路または機器のON状態とOFF状態とを選択的に切り替える別のスイッチとして用いることができる。

なお、回路 60 の機能は、A/D 変換ポート付きのマイコンを用いてプログラムなどのソフトウェアにより実行することが可能である。

次に、本発明の第 1 の実施の形態の第 2 の変形例について、図面を参照しつつ説明する。第 13 図は、第 2 の変形例に係る静電容量式センサの X 軸方向成分についての信号処理回路を示す回路図である。第 13 図の信号処理回路が、第 1 図の静電容量式センサの信号処理回路と異なる点は、変位電極 40 と基準電極 E0 との間に容量素子 C0 が構成されている点である。なお、その他の構成は、第 1 図の静電容量式センサと同一であるので、同一符号を付して説明を省略する。

絶縁膜 50 を基板 20 上に容量素子用電極 E1～E4、スイッチ用可動電極 E21～E24 および基準電極 E0 に密着して、基板 20 上を覆うように形成する。このように、変位電極 40 と基準電極 E0 との間に絶縁膜 50 を配置することにより、変位電極 40 と基準電極 E0 との間に容量素子 C0 を構成する。

したがって、変位電極 40 は、直接接触することによってではなく、容量素子 C0（カップリングコンデンサとしての機能を有している）による容量結合によって接地された基準電極 E0 と電氣的に結合される。したがって、静電容量式センサ 10 の耐電圧特性が向上し、スパーク電流が流れることによってセンサが破損することがほとんどなくなるとともに、接続不良などの不具合を防止することができるため、信頼性の高い静電容量式センサを得ることができる。また、基準電極 E0 が空気にさらされることがなく、それらが酸化されるのを防止することができる。

次に、本発明の第 1 の実施の形態の第 3 の変形例について、図面を参照しつつ説明する。第 14 図は、第 3 の変形例に係る静電容量式センサの X 軸方向成分についての信号処理回路を示す回路図である。第 14 図

の信号処理回路が、第 1 図の静電容量式センサの信号処理回路と異なる点は、論理素子として、E X-OR 素子の代わりに OR 素子が用いられている点である。なお、その他の構成は、第 1 図の静電容量式センサと同一であるので、同一符号を付して説明を省略する。

第 1 4 図において、検知部材 3 0 の X 軸正方向部分が押下され、スイッチ S 1 が ON 状態となり、さらに検知部材 3 0 の X 軸正方向部分が押下されると、端子 T 1 に入力された周期信号 A は、容量素子 C 1 と抵抗素子 R 1 により構成される C R 遅延回路を通過して、節点 X 1 に到達する。このとき、節点 X 1 における周期信号には、第 9 図 (e) に示すように所定の遅延が生じている。同様に、検知部材 3 0 の X 軸負方向部分が押下され、スイッチ S 2 が ON 状態となり、さらに検知部材 3 0 の X 軸負方向部分が押下されると、端子 T 2 に入力された周期信号 B は、容量素子 C 2 と抵抗素子 R 2 により構成される C R 遅延回路を通過して、節点 X 2 に到達する。このとき、節点 2 における周期信号には、第 9 図 (h) に示すように所定の遅延が生じている。

したがって、第 8 図と同様に、OR 素子 8 3 には、節点 X 1、X 2 における周期信号と同一の波形の信号が入力され、これらの信号の間で論理和演算が行われ、その結果を端子 T 1 1 に対して出力される。ここで、端子 1 1 に対して出力される信号は、所定のデューティ比をもった矩形波信号である。

ここで、OR 素子 8 3 が用いられた場合に端子 5 1 に対して出力される矩形波信号と検知部材 3 0 に操作が施されていないときに端子 5 1 に対して出力される矩形波信号との間のデューティ比の変化量は、E X-OR 素子が用いられた場合に端子 5 1 に対して出力される矩形波信号のそれと比較して小さくなり、このため、静電容量式センサとしての感度が低減すると考えられる。

したがって、静電容量式センサの各部材が感度が非常によくなる材料で製作された場合に、信号処理回路の構成によって、静電容量式センサの感度を調節する（ここでは、感度を低下させる）ために用いるのに好ましい。

次に、本発明の第1の実施の形態の第4の変形例について、図面を参照しつつ説明する。第15図は、第4の変形例に係る静電容量式センサのX軸方向成分についての信号処理回路を示す回路図である。第15図の信号処理回路が、第1図の静電容量式センサの信号処理回路と異なる点は、論理素子として、EX-OR素子の代わりにAND素子が用いられている点である。なお、その他の構成は、第1図の静電容量式センサと同一であるので、同一符号を付して説明を省略する。

第15図において、検知部材30のX軸正方向部分が押下され、スイッチS1がON状態となり、さらに検知部材30のX軸正方向部分が押下されると、端子T1に入力された周期信号Aは、容量素子C1と抵抗素子R1により構成されるCR遅延回路を通過して、節点X1に到達する。このとき、節点X1における周期信号には、第9図(e)に示すように所定の遅延が生じている。同様に、検知部材30のX軸負方向部分が押下され、スイッチS2がON状態となり、さらに検知部材30のX軸負方向部分が押下されると、端子T2に入力された周期信号Bは、容量素子C2と抵抗素子R2により構成されるCR遅延回路を通過して、節点X2に到達する。このとき、節点2における周期信号には、第9図(h)に示すように所定の遅延が生じている。

したがって、第8図と同様に、AND素子84には、節点X1、X2における周期信号と同一の波形の信号が入力され、これらの信号の間で論理和演算が行われ、その結果を端子T11に対して出力される。ここで、端子11に対して出力される信号は、所定のデューティ比をもった

矩形波信号である。

ここで、AND素子84が用いられた場合に端子51に対して出力される矩形波信号と検知部材30に操作が施されていないときに端子51に対して出力される矩形波信号との間のデューティ比の変化量は、EX-OR素子が用いられた場合に端子51に対して出力される矩形波信号のそれと比較して小さくなり、このため、静電容量式センサとしての感度が低減すると考えられる。

したがって、静電容量式センサの各部材が、静電容量式センサとしたときの感度が非常によくなる材料で製作された場合に、信号処理回路の構成によって、静電容量式センサの感度を調節する（ここでは、感度を低下させる）ために用いるのが好ましい。

次に、本発明の第1の実施の形態の第5の変形例について、図面を参照しつつ説明する。第16図は、第5の変形例に係る静電容量式センサのX軸方向成分についての信号処理回路を示す回路図である。第16図の信号処理回路が、第1図の静電容量式センサの信号処理回路と異なる点は、論理素子として、EX-OR素子の代わりにNAND素子が用いられている点である。なお、その他の構成は、第1図の静電容量式センサと同一であるので、同一符号を付して説明を省略する。

第16図において、検知部材30のX軸正方向部分が押下され、スイッチS1がON状態となり、さらに検知部材30のX軸正方向部分が押下されると、端子T1に入力された周期信号Aは、容量素子C1と抵抗素子R1により構成されるCR遅延回路を通過して、節点X1に到達する。このとき、節点X1における周期信号には、第9図(e)に示すように所定の遅延が生じている。同様に、検知部材30のX軸負方向部分が押下され、スイッチS2がON状態となり、さらに検知部材30のX軸負方向部分が押下されると、端子T2に入力された周期信号Bは、容

量素子C 2 と抵抗素子R 2 により構成されるCR遅延回路を通過して、節点X 2 に到達する。このとき、節点2における周期信号には、第9図(h)に示すように所定の遅延が生じている。

したがって、第8図と同様に、NAND素子8 5 には、節点X 1、X 2 における周期信号と同一の波形の信号が入力され、これらの信号の間で論理和演算が行われた後、引き続き否定演算が行われ、その結果を端子T 1 1 に対して出力される。ここで、端子1 1 に対して出力される信号は、所定のデューティ比をもった矩形波信号である。

ここで、端子1 1 に対して出力される矩形波信号は、EX-OR素子が用いられた場合に端子1 1 に対して出力される矩形波信号と比較して、デューティ比の値が平均的に小さくなり、このため、静電容量式センサとしての感度が低減すると考えられる。

したがって、静電容量式センサの各部材が、静電容量式センサとしたときの感度が非常によくある材料で製作された場合に、信号処理回路の構成によって、静電容量式センサの感度を調節する（ここでは、感度を低下させる）ために用いるのが好ましい。

次に、本発明の第2の実施の形態について、図面を参照しつつ説明する。

第17図は、本発明の他の実施の形態に係る静電容量式センサの側面の模式的な断面図である。第18図は、第17図の静電容量式センサの検知部材の上面図である。第19図は、第17図の静電容量式センサの基板上に形成されている複数の電極の配置を示す図である。

静電容量式センサ1 1 0 は、基板1 2 0 と、人などによって操作されることによって外部から力が加えられる操作用の検知部材1 3 0 と、変位電極1 4 0 と、基板1 2 0 上に形成された容量素子用電極E 1 0 1 ~ E 1 0 4 と、ドーム形状を有するスイッチ用可動電極E 1 2 1 ~ E 1 2

4（第17図ではE121およびE122のみを示す）と、その内側に配置されたスイッチ用固定電極E111～E114（第17図ではE111およびE112のみを示す）と、基準電極（共通電極）E100と、ドーム形状を有するボタン用可動電極E125と、その内側に配置されたボタン用固定電極E115と、複数の電極に密着して基板120上を覆うように形成された絶縁膜150と、検知部材130および変位電極140を基板120に対して支持固定する支持部材160と、支持部材160および検知部材130の周囲を覆うように配置されたカバーケース170とを有している。

ここでは、説明の便宜上、図示のとおり、XYZ三次元座標系を定義し、この座標系を参照しながら各部品に配置説明を行うことにする。すなわち、第17図では、基板120上のボタン用固定電極E115の中心位置に原点Oが定義され、右水平方向にX軸が、上垂直方向にZ軸が、紙面に垂直奥行方向にY軸がそれぞれ定義されている。ここで、基板120の表面は、XY平面を規定し、基板120上のボタン用固定電極E115、検知部材130および変位電極140のそれぞれの中心位置をZ軸が通ることになる。

基板120は、基板20と同様に、一般的な電子回路用のプリント回路基板であり、この例ではガラスエポキシ基板が用いられている。また、基板120として、ポリイミドフィルムなどのフィルム状の基板を用いてもよいが、フィルム状の基板の場合は可撓性を有しているため、十分な剛性をもった支持基板上に配置して用いるのが好ましい。

検知部材130は、原点を中心とする円形の中央ボタン131と、中央ボタン131の外側に配置されたリング状のサイドボタン132とから構成されている。ここで、中央ボタン131の径は、基準電極E100の外径とほぼ同じか、それより若干小さく、サイドボタン132の外

径は、容量素子用電極E 1 0 1～E 1 0 4のそれぞれの外側の曲線を結んでできる円の径とほぼ同じである。また、中央ボタン1 3 1の下面のボタン用固定電極E 1 1 5に対向する位置には突起体1 3 1 aが形成されており、サイドボタン1 3 2の下面のスイッチ用固定電極E 1 1 1～E 1 1 4にそれぞれ対向する位置には、4つの突起体1 3 2 aが形成されている。

また、弾性を有するシリコンゴムで形成された支持部材1 6 0には、突起体1 3 1 aおよび突起体1 3 2 aに対応する位置に貫通孔1 6 0 aおよび1 6 0 bが形成されている。中央ボタン1 3 1は、突起体1 3 1 aが貫通孔1 6 0 aに嵌挿され、支持部材1 6 0の上面に接着されている。サイドボタン1 3 2は、4つの突起体1 3 2 aがそれぞれ貫通孔1 6 0 bに嵌挿され、支持部材1 6 0の上面に抜け止め構造により配置されている。なお、サイドボタン1 3 2を支持部材1 6 0の上面に接着してもよい。

また、サイドボタン1 3 2の上面には、第1 8図に示すように、X軸およびY軸のそれぞれの正方向および負方向に対応するように、すなわち、容量素子用電極E 1 0 1～E 1 0 4に対応するように、操作方向（カーソルの移動方向）に対応した矢印が形成されている。

変位電極1 4 0は、導電性を有するシリコンゴムで形成され、容量素子用電極E 1 0 1～E 1 0 4のそれぞれの外側の曲線を結んでできる円の径とほぼ同一の径を有する円盤状であり、支持部材1 6 0の下面に付着されている。

なお、変位電極4 0としては、シリコンゴムの他、例えば、導電性インク、導電性熱可塑性樹脂（PPT、エラストマー）、導電性プラスチック、金属蒸着フィルムを用いてもよい。ここで、支持部材1 6 0の下面に平板状に（面一に）形成されるため、変位電極1 4 0をスクリーン

印刷により形成することが可能である。

また、基板120上には、第19図に示すように、原点Oを中心とする円形のボタン用固定電極E115と、その外側に形成されたリング状の基準電極E100と、さらにその外側に扇形であり、それぞれのほぼ中央部に円形の孔H101～H104を有する容量素子用電極E101～E104と、孔H101～H104の内側で、孔H101～H104の径よりも小さい径を有する円形のスイッチ用固定電極E111～E114とが形成されている。ここで、スイッチ用固定電極E111～E114の面積は、容量素子用電極E101～E104の面積に比べて極力小さい方が好ましい。一对の容量素子用電極E101およびE102は、X軸方向に離隔してY軸に対して線対称に配置されている。また、一对の容量素子用電極E103およびE104は、Y軸方向に離隔してX軸に対して線対称に配置されている。

ここでは、容量素子用電極E101はX軸の正方向に対応するように配置され、一方、容量素子用電極E102はX軸の負方向に対応するように配置され、外部からの力のX軸方向成分の検出に利用される。また、容量素子用電極E103はY軸の正方向に対応するように配置され、一方、容量素子用電極E104はY軸の負方向に対応するように配置され、外部からの力のY軸方向成分の検出に利用される。さらに、ボタン用固定電極E115は、原点O上に配置されており、ボタン用可動電極E125とともに、入力などの決定操作に利用される。

基準電極E100、スイッチ用固定電極E111～E114およびボタン用固定電極E115は、スルーホールなどを利用して端子T100～T104および端子T115（第20図参照）にそれぞれ接続されており、端子T100～T104および端子T115を通じて外部の電子回路に接続されるようになっている。なお、ここでは、基準電極E10

0は、端子T100を介して接地されている。

また、容量素子用電極E101～E104にそれぞれ接触するとともに、スイッチ用固定電極E111～E114と離隔しつつこれを覆うようにスイッチ用可動電極E121～E124が配置されている。したがって、スイッチ用可動電極E121～E124は孔H101～H104よりも大きい径を有するドーム状の部材である。同様に、基準電極E100に接触するとともに、ボタン用固定電極E115と離隔しつつこれを覆うようにドーム状のボタン用可動電極E125が配置されている。したがって、ボタン用可動電極E125は基準電極E100の内径よりも大きい径を有している。

また、絶縁膜150は、基板120上の容量素子用電極E101～E104の一部、基準電極E100の一部、スイッチ用可動電極E21～E24およびボタン用可動電極E125に密着して、基板120上を覆うように形成されている。このため、銅などで形成された容量素子用電極E101～E104、基準電極E100、スイッチ用可動電極E21～E24およびボタン用可動電極E125の絶縁膜150で覆われた部分が空気にさらされることがなく、それらが酸化されるのを防止する機能を有している。また、絶縁膜150が形成されているため、スイッチ用可動電極E21～E24およびボタン用可動電極E125と、変位電極140とが直接接触することはない。

次に、上述のように構成された本実施の形態に係る静電容量式センサ110の動作について、図面を参照して説明する。第20図は、第17図に示す静電容量式センサの構成に対する等価回路図である。第21図は、第17図に示す静電容量式センサに入力される周期信号から出力信号を導出する方法を説明するための説明図である。

まず、静電容量式センサ110の構成と等価な回路構成について、第

20図を参照して説明する。基板120上に形成された容量素子用電極E101～E104は、変位電極40と対向している。ここで、容量素子用電極E101～E104に接続されたスイッチ用可動電極E121～E124は、スイッチ用固定電極E111～E114と接触する位置または接触しない位置を選択的にとり得ることにより、端子T101～T104と容量素子用電極E101～E104とを接続させるまたは接続させないスイッチS101～S104としての機能を有している。また、基準電極E100（ボタン用可動電極E125）とボタン用固定電極E115との間で、容量素子C100を形成している。さらに、基準電極E100に接続されたボタン用可動電極E125と、ボタン用固定電極E115との間には、中央ボタン131の押圧に伴って開閉するスイッチS105が構成されている。

スイッチ用可動電極E121～E124がスイッチ用固定電極E111～E114と接触していない（スイッチがOFF状態）場合には、スイッチ用固定電極E111～E114の面積が容量素子用電極E101～E104の面積に比べて非常に小さく、または、スイッチ用可動電極E121～E124が一種の静電シールドとなることにより、スイッチ用可動電極E121～E124とスイッチ用固定電極E111～E114との間には、静電容量がほとんど発生しない。

一方、スイッチ用可動電極E121～E124がスイッチ用固定電極E111～E114と接触している（スイッチがON状態）場合には、容量素子用電極E101～E104がスイッチ用固定電極E111～E114と接続され、容量素子用電極E101～E104と変位電極140とが対向して、共通の電極である変位可能な変位電極140と、固定された個別の容量素子用電極E101～E104との間で容量素子C101～C104を構成する。容量素子C101～C104は、それぞれ

変位電極 1 4 0 の変位に起因して静電容量値が変化するように構成された可変容量素子であるといえることができる。

容量素子 C 1 0 1 ~ C 1 0 4 のそれぞれの静電容量値は、変位電極 1 4 0 と、容量素子用電極 E 1 0 1 ~ E 1 0 4 のそれぞれに接続された端子 T 1 0 1 ~ T 1 0 4 との間の静電容量値として、それぞれ独立して測定することができる。ここで、基準電極 E 1 0 0 は、端子 T 1 0 0 を介して接地されているため、容量素子 C 1 0 1 ~ C 1 0 4 における共通の電極である変位電極 1 4 0 は容量素子 C 1 0 0 および端子 T 1 0 0 を介して接地されていると考えられる。

次に、スイッチ用可動電極 E 1 2 1 ~ E 1 2 4 とスイッチ用固定電極 E 1 1 1 ~ E 1 1 4 とが接触している（スイッチ S 1 0 1 ~ S 1 0 4 が ON 状態）場合において、容量素子 C 1 0 1 ~ C 1 0 4 のそれぞれの静電容量値の変化からサイドボタン 1 3 2 への外部からの力の大きさおよび方向を示す出力信号の導出方法について、第 2 1 図を参照して説明する。ここで、出力信号 V_x 、 V_y は、それぞれ外部からの力の X 軸方向成分および Y 軸方向成分の大きさおよび方向を示す。

ここで、出力信号 V_x 、 V_y を導出するために、端子 T 1 0 1 ~ T 1 0 4 に対して、常にクロック信号などの周期信号が入力される。端子 T 1 0 1 ~ T 1 0 4 に周期信号が入力されている状態で、サイドボタン 1 3 2 が外部からの力を受けて変位すると、これに伴って変位電極 1 4 0 が Z 軸方向に変位する。そして、その力が所定値に満たないときにはスイッチ用可動電極 E 1 2 1 ~ E 1 2 4 はほとんど変位しないが、その力が所定値に達したときには、スイッチ用可動電極 E 1 2 1 ~ E 1 2 4 の頂部近傍部分が座屈を伴って急激に弾性変形して凹んだ状態となってスイッチ用固定電極 E 1 1 1 ~ E 1 1 4 と接触する。これにより、スイッチ S 1 0 1 ~ S 1 0 4 が ON 状態になる。このとき、操作者には、明瞭な

クリック感が与えられることになる。その後、引き続きサイドボタン132が変位すると、スイッチS101～S104がON状態を保持しつつ変位電極140がさらにも変位することにより、容量素子C101～C104の電極間隔が変化して、容量素子C101～C104のそれぞれの静電容量値が変化する。すると、端子T101～T104に入力された周期信号の位相にずれが生じる。このように、周期信号に生じる位相のずれを利用して、サイドボタン132の変位、つまりサイドボタン132が外部から受けた力のX軸方向およびY軸方向の大きさと方向を示す出力信号V_x、V_yを得ることができる。なお、導出方法の詳細については、第1図の静電容量式センサにおける信号処理回路について説明したのと同様であるので省略する。

以上のように、本実施の形態の静電容量式センサ110は、サイドボタン132に対して操作を施す場合には、操作方向に対応するスイッチ用可動電極E121～E124がクリック感を付随しつつ弾性変形してスイッチ用固定電極E111～E114と接触したときにはじめてサイドボタン132の変位の認識を開始するため、操作者はクリック感を感じることで操作を実行していることを感覚的に容易に把握することができる。また、クリック感を生じさせるのに必要な所定の大きさの外力が与えられて始めてサイドボタン132の変位の認識が開始されるので、操作者が意識的に操作したのではないクリック感を生じさせない範囲の小さな外力がサイドボタン132に加えられたときにはサイドボタン132の変位が認識されない。従って、サイドボタン132が偶然に別部材に接触するなどの外乱を排して、操作者の意識的な操作に基づくサイドボタン132の変位だけを確実に検出することが可能になる。また、本実施の形態では、ボタン用可動電極E125とボタン用固定電極E115とが接触する際にもクリック感が操作者に与えられる。

また、複数の容量素子用電極E 1 0 1～E 1 0 4が形成され、サイドボタン1 3 2が外部から受けた力のX軸方向およびY軸方向の方向成分をそれぞれ別々に認識することができる。ここで、対となる容量素子用電極（E 1 0 1およびE 1 0 2、E 1 0 3およびE 1 0 4）に対して、互いに位相が異なる信号が供給されるため、回路を通過することによる信号の位相のずれを大きくでき、さらに、その信号を論理素子を利用した信号処理回路を用いるため、精度よく検出することができる。

また、決定操作のスイッチ（中央ボタン1 3 1）の付いた入力装置を作成することができ、決定操作をしたときに、明確な操作触感が得られるため、誤操作を防止することができる。また、検知部材1 3 0が中央ボタン1 3 1とサイドボタン1 3 2とに分割されているため、サイドボタン1 3 2に作用する操作方向に対応する外部からの力と中央ボタン1 3 1に作用する決定操作に対応する外部からの力とが明確に分離されるため、これらの力が互いに干渉するのを軽減することができ、誤操作を減少させることができる。なお、この構成の静電容量式センサは、パソコン、携帯電話、ゲームなどの入力装置として利用されるのに好ましい。

また、変位電極1 4 0は、直接接触することによってではなく、容量素子C 1 0 0（カップリングコンデンサとしての機能を有している）による容量結合によって接地された基準電極E 1 0 0と電氣的に結合されるため、静電容量式センサ1 1 0の耐電圧特性が向上し、スパーク電流が流れることによってセンサが破損することがほとんどなくなるとともに、接続不良などの不具合を防止することができるため、信頼性の高い静電容量式センサを得ることができる。また、基準電極E 1 0 0と変位電極1 4 0との間に絶縁膜1 5 0が配置されているが、絶縁膜1 5 0の一部をカットして基準電極E 1 0 0と変位電極1 4 0とを接触させる必

要がないため、組立および実装面でも有利となる。

なお、本発明の好適な実施の形態について説明したが、本発明は上述の実施の形態に限られるものではなく、特許請求の範囲に記載した限りにおいて、様々な設計変更を行うことが可能なものである。例えば、上述の第1の実施の形態では、容量素子用電極の内側に形成された基準電極と変位電極の下面中央部に形成された凸部とが接触しているが、容量素子用電極の外側に形成された基準電極と変位電極の下面外縁部に形成された凸部とが接触していてもよい。従って、基準電極と変位電極とが電氣的に接続されておればどのような構成であってもよい。

また、上述の第1または第2の実施の形態では、スイッチ用可動電極として、ドーム形状を有する電極を用いているが、変位電極が変位するのに伴ってクリック感を付随しつつ弾性変形してスイッチ用固定電極と接触可能な電極であれば、どのような形状の電極を用いてもよい。

また、上述の第1または第2の実施の形態では、スイッチ用固定電極が容量素子用電極の内側に形成されているが、スイッチ用固定電極が容量素子用電極に隣接するように形成されていてもよい。

また、上述の第1または第2の実施の形態では、検知部材がX軸方向およびY軸方向に対応する容量素子用電極に対して一体に形成されているが、検知部材がX軸方向およびY軸方向に対応する容量素子用電極のそれぞれに対応して分割されていてもよい。

また、上述の第1または第2の実施の形態では、X軸およびY軸の正方向および負方向の4方向に対応する容量素子用電極が形成されているが、用途に合わせて必要な方向の成分だけを検出できるように容量素子用電極を形成してもよい。

産業上の利用の可能性

本発明は、操作を実行していることを感覚的に容易に把握することができ、パソコン、携帯電話、ゲームなどの入力装置として用いることができる静電容量式センサとして最適である。

請 求 の 範 囲

1. XYZ三次元座標系を定義したときに、XY平面を規定する基板と、

前記基板と対向している検知部材と、

前記基板と前記検知部材との間に位置し、前記検知部材がZ軸方向に変位するのに伴ってZ軸方向に変位する導電性部材と、

前記基板上に形成され、前記導電性部材と電氣的に接続されるとともに、接地または一定の電位に保持された基準電極と、

前記基板上に形成された第1の電極と、

前記基板上に形成され、前記導電性部材との間で第1の容量素子を構成する第2の電極と、

前記第2の電極に接触し且つ前記第1の電極から離隔するように配置されていると共に、前記導電性部材が変位するのに伴ってクリック感を付随しつつ弾性変形して前記第1の電極と接触可能な第3の電極とを備えており、

前記第1の電極と前記第3の電極とが接触しているときに、前記第1の電極に対して入力される信号を利用して前記導電性部材と前記第2の電極との間隔の変化に起因する前記第1の容量素子の静電容量値の変化を検出することに基づいて前記検知部材の変位を認識可能であることを特徴とする静電容量式センサ。

2. 前記第3の電極がドーム形状を有しており、その内側に前記第1の電極が配置されていることを特徴とする請求項1に記載の静電容量式センサ。

3. 前記基準電極と前記導電性部材との間に、第2の容量素子が構成されていることを特徴とする請求項1または2に記載の静電容量式センサ

。

4. 前記第1の電極、前記第2の電極および前記第3の電極の組が複数形成されていることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の静電容量式センサ。

5. 前記第1の電極、前記第2の電極および前記第3の電極の組を2つ有しており、これら二組の一方を含む回路および他方を含む回路に、互いに位相が異なる信号が供給されることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の静電容量式センサ。

6. 前記第1の電極、前記第2の電極および前記第3の電極の組を2つ有しており、これら二組の一方を含むCR回路と他方を含むCR回路との時定数が異なることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の静電容量式センサ。

7. 前記第1の電極、前記第2の電極および前記第3の電極の組を2つ有しており、これら二組の一方を含む回路および他方を含む回路にそれぞれ入力された信号の出力信号が論理素子を利用した信号処理回路により検出されることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の静電容量式センサ。

8. 前記論理素子が、排他的論理和演算を行うことを特徴とする請求項7に記載の静電容量式センサ。

9. 前記論理素子が、論理和演算を行うことを特徴とする請求項7に記載の静電容量式センサ。

10. 前記論理素子が、論理積演算を行うことを特徴とする請求項7に記載の静電容量式センサ。

11. 前記論理素子が、論理積演算および否定演算を行うことを特徴とする請求項7に記載の静電容量式センサ。

12. 前記第2の電極が、Y軸に対して線対称に配置された一对の第4

の電極と、X軸に対して線対称に配置された一対の第5の電極とを含んでいることを特徴とする請求項1～11のいずれか1項に記載の静電容量式センサ。

13. 前記検知部材が、前記第4の電極および前記第5の電極のそれぞれに対応して分割されていることを特徴とする請求項12に記載の静電容量式センサ。

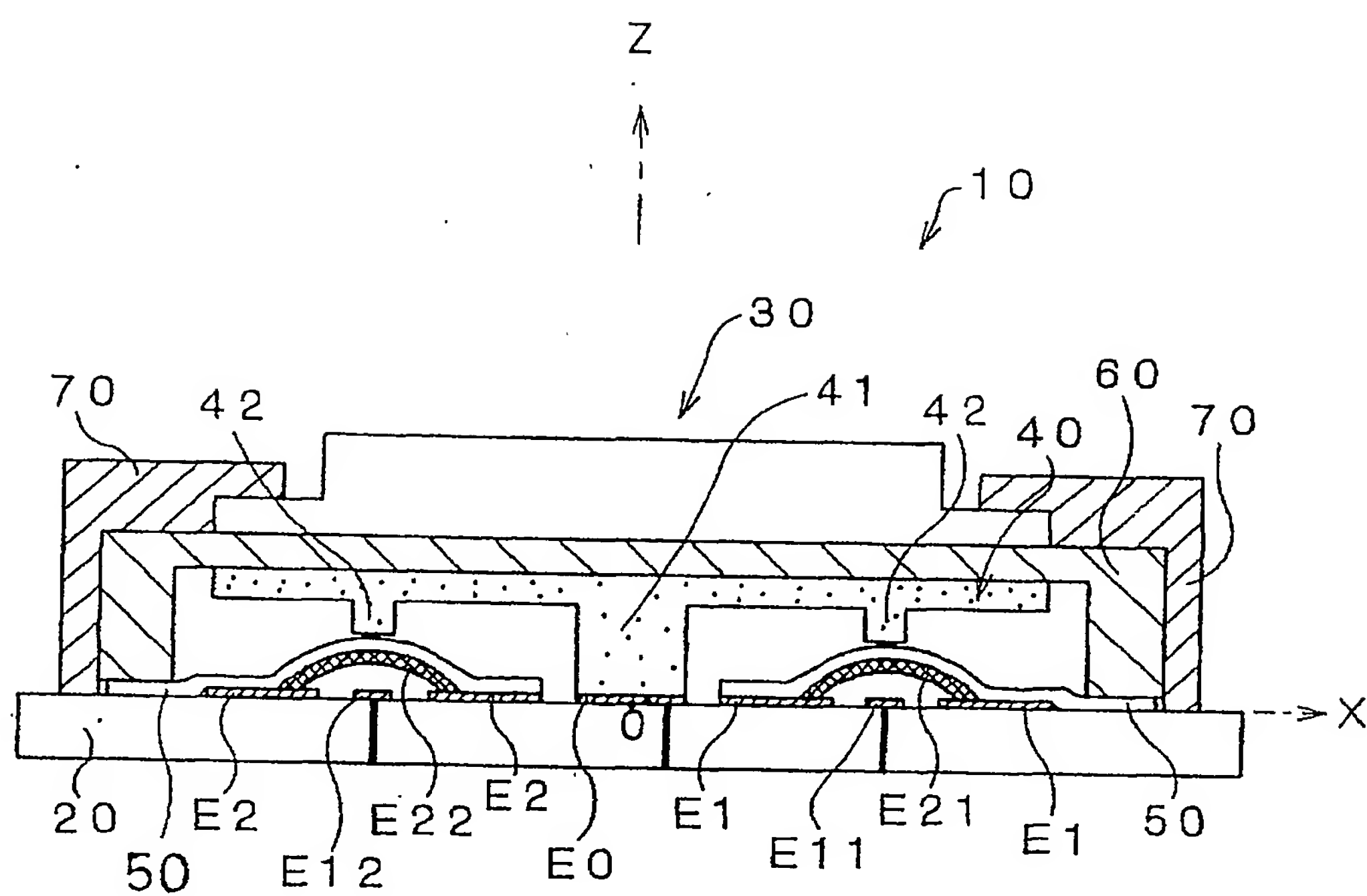
14. 前記基板上に形成された第6の電極と、

前記基準電極に接触し且つ前記第6の電極から離隔するように配置されていると共に、前記導電性部材が変位するのに伴って弾性変形して前記第6の電極と接触可能な第7の電極とをさらに備えていることを特徴とする請求項1～13のいずれか1項に記載の静電容量式センサ。

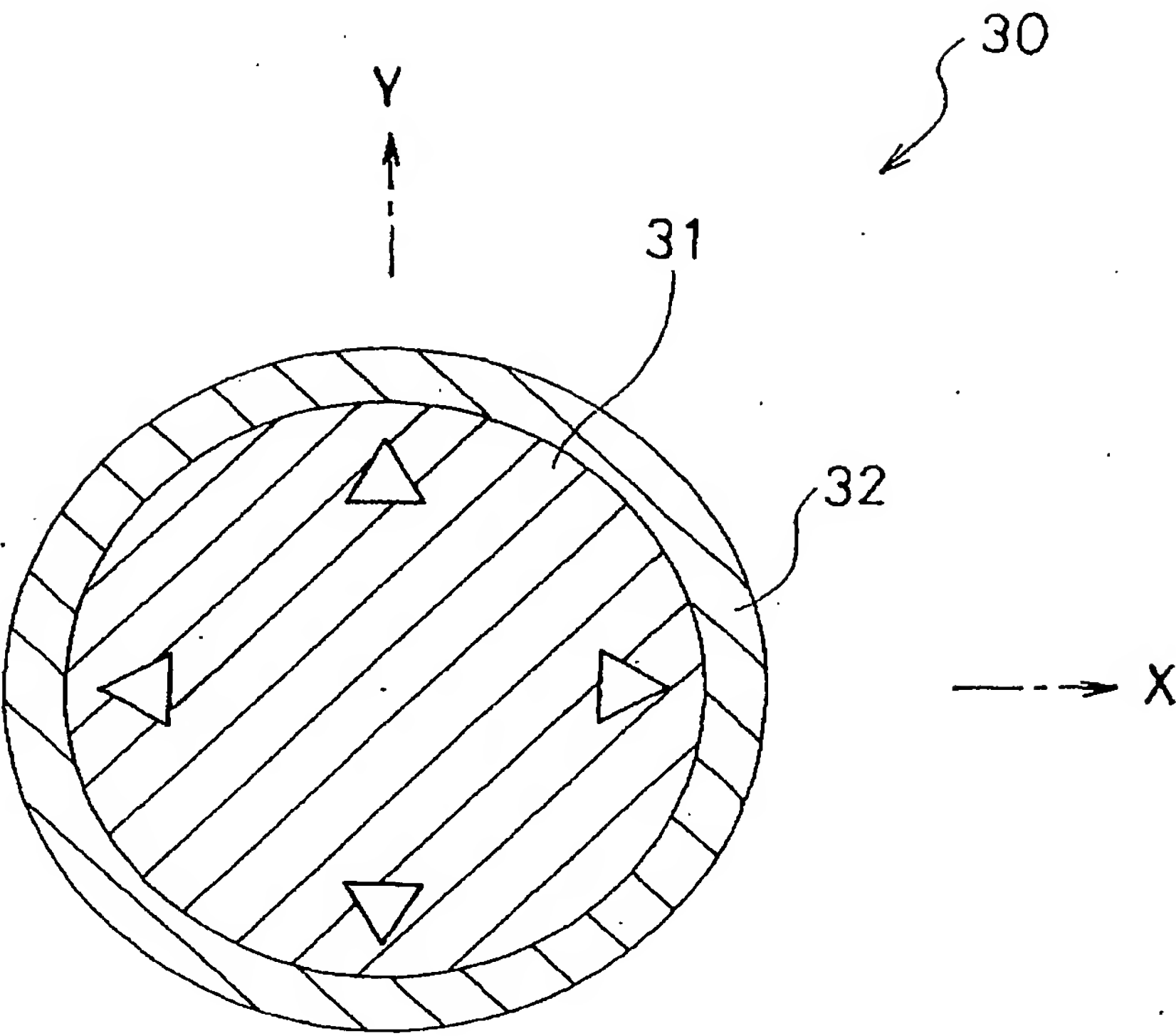
15. 前記検知部材が、前記第2の電極および前記第6の電極に対応して分割されていることを特徴とする請求項14に記載の静電容量式センサ。

16. 前記導電性部材が、弾性体に塗布された導電性インクにより形成されていることを特徴とする請求項1～15のいずれか1項に記載の静電容量式センサ。

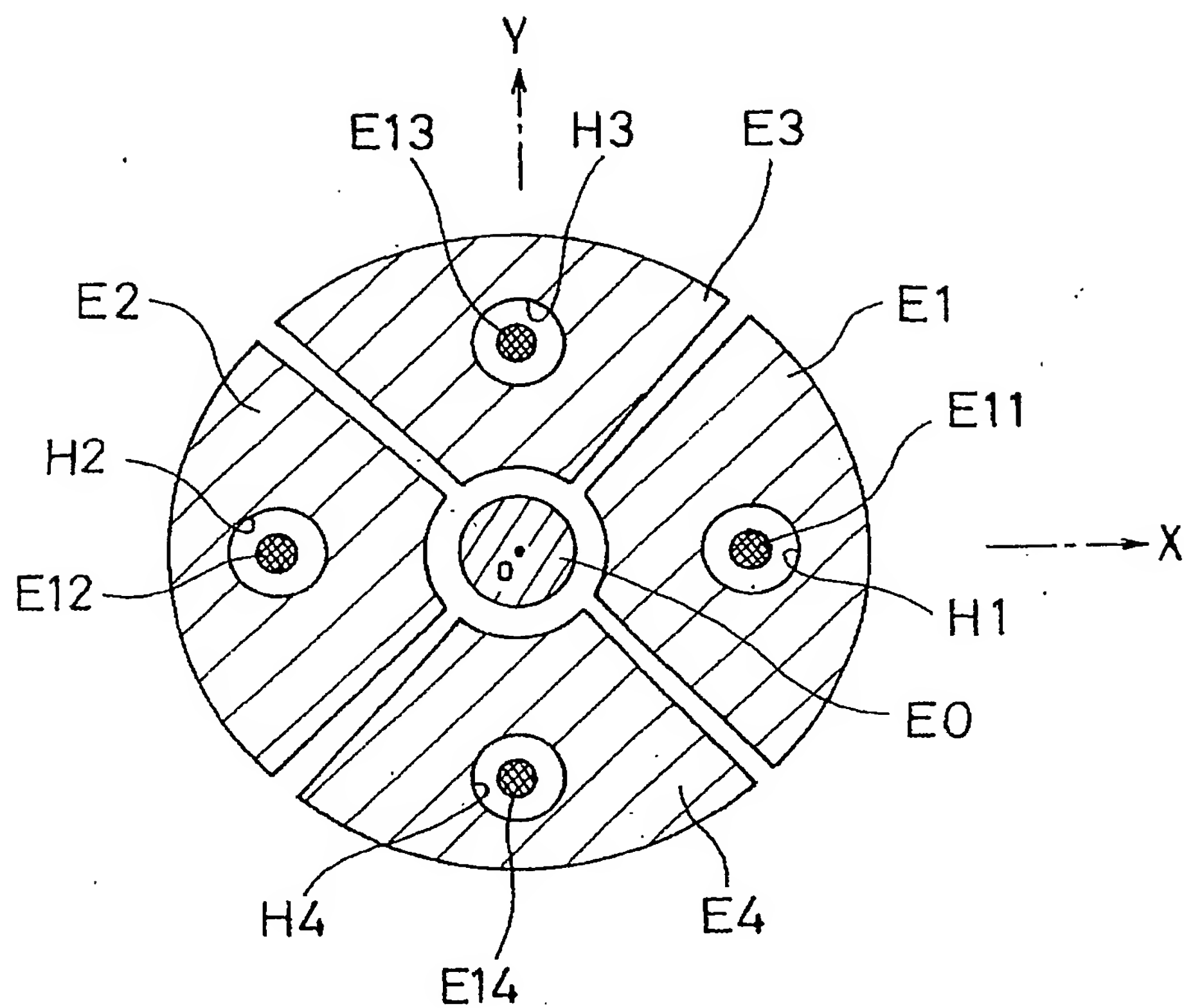
第 1 図



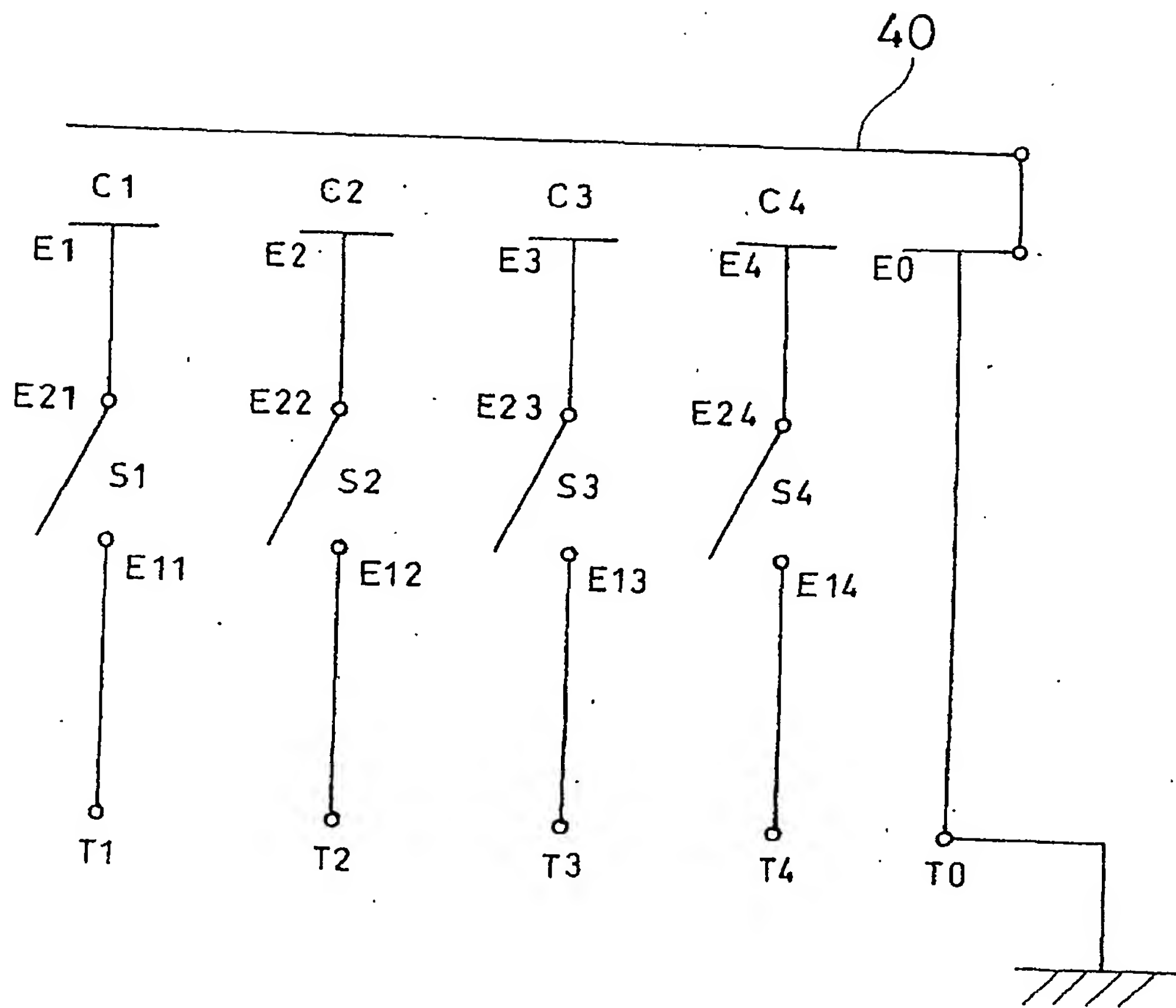
第 2 図



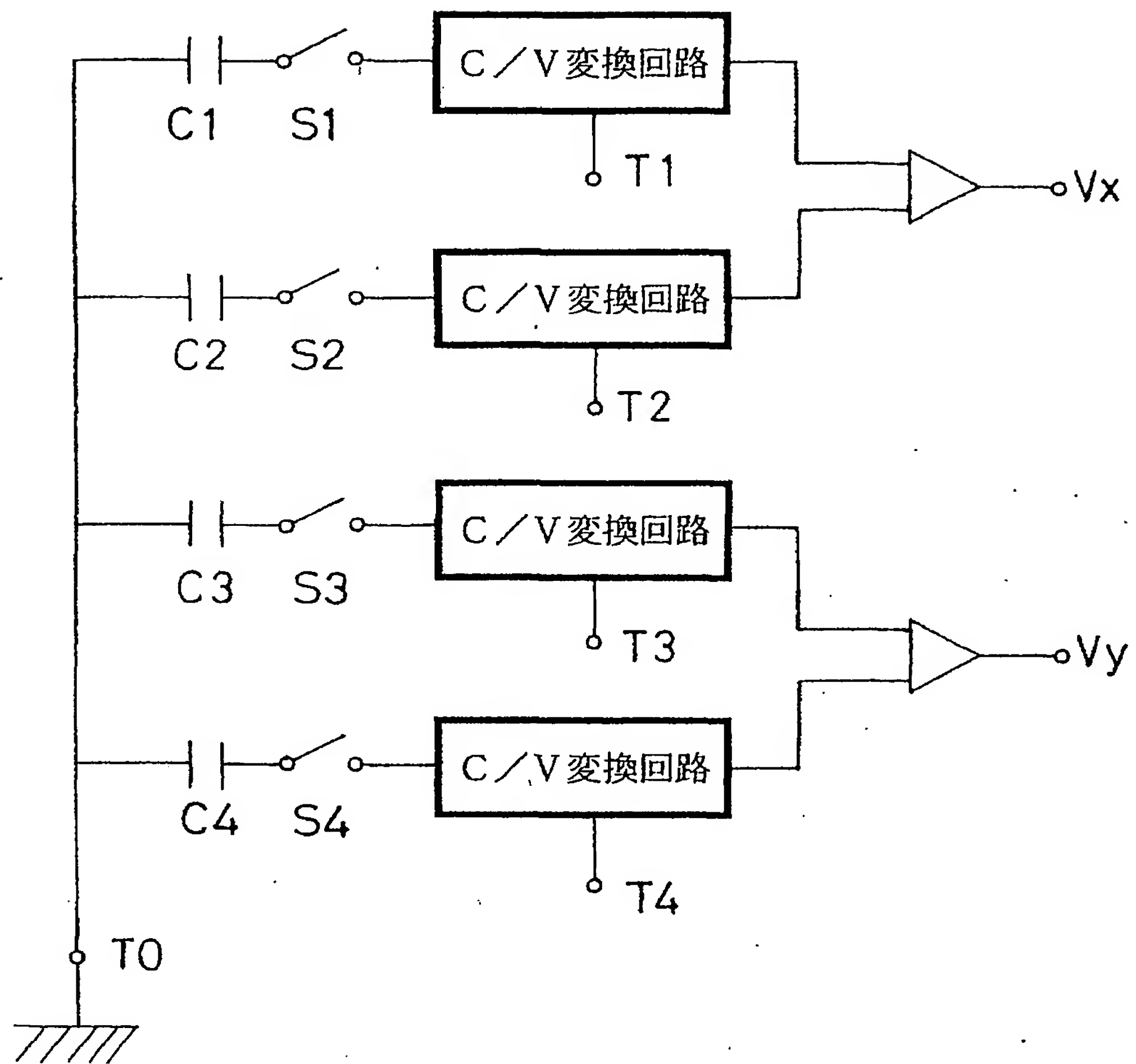
第 3 図



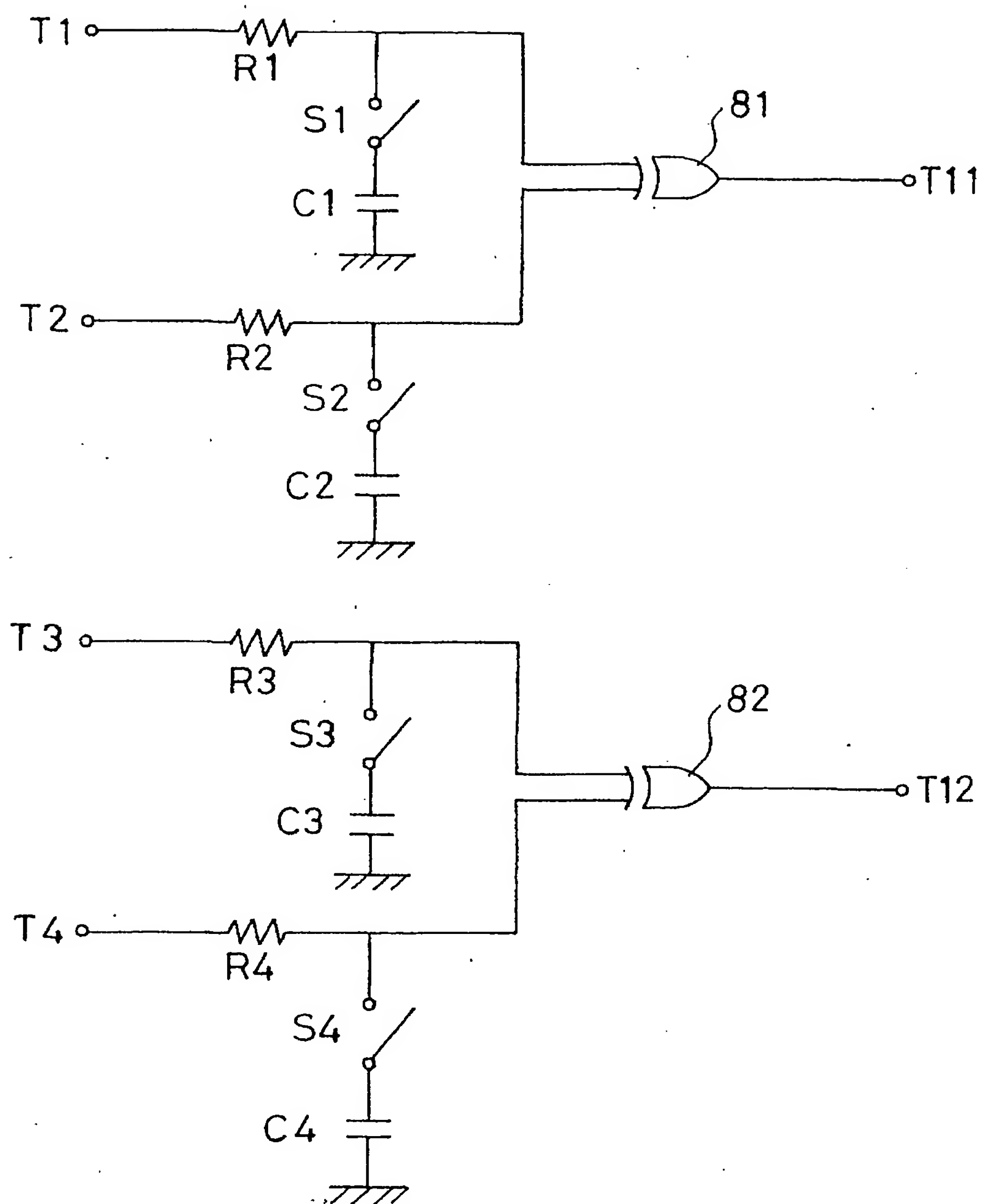
第 4 図



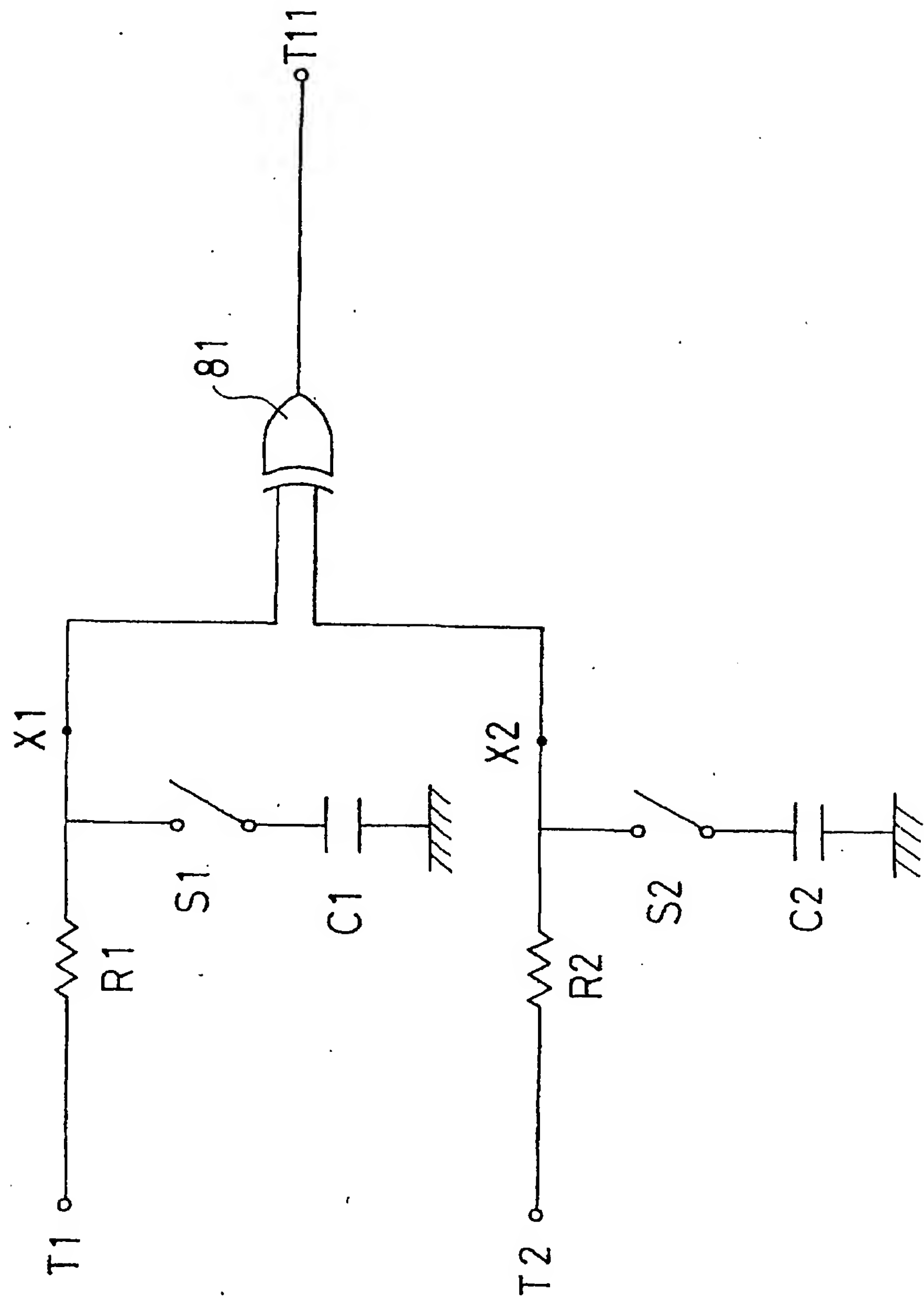
第 6 图



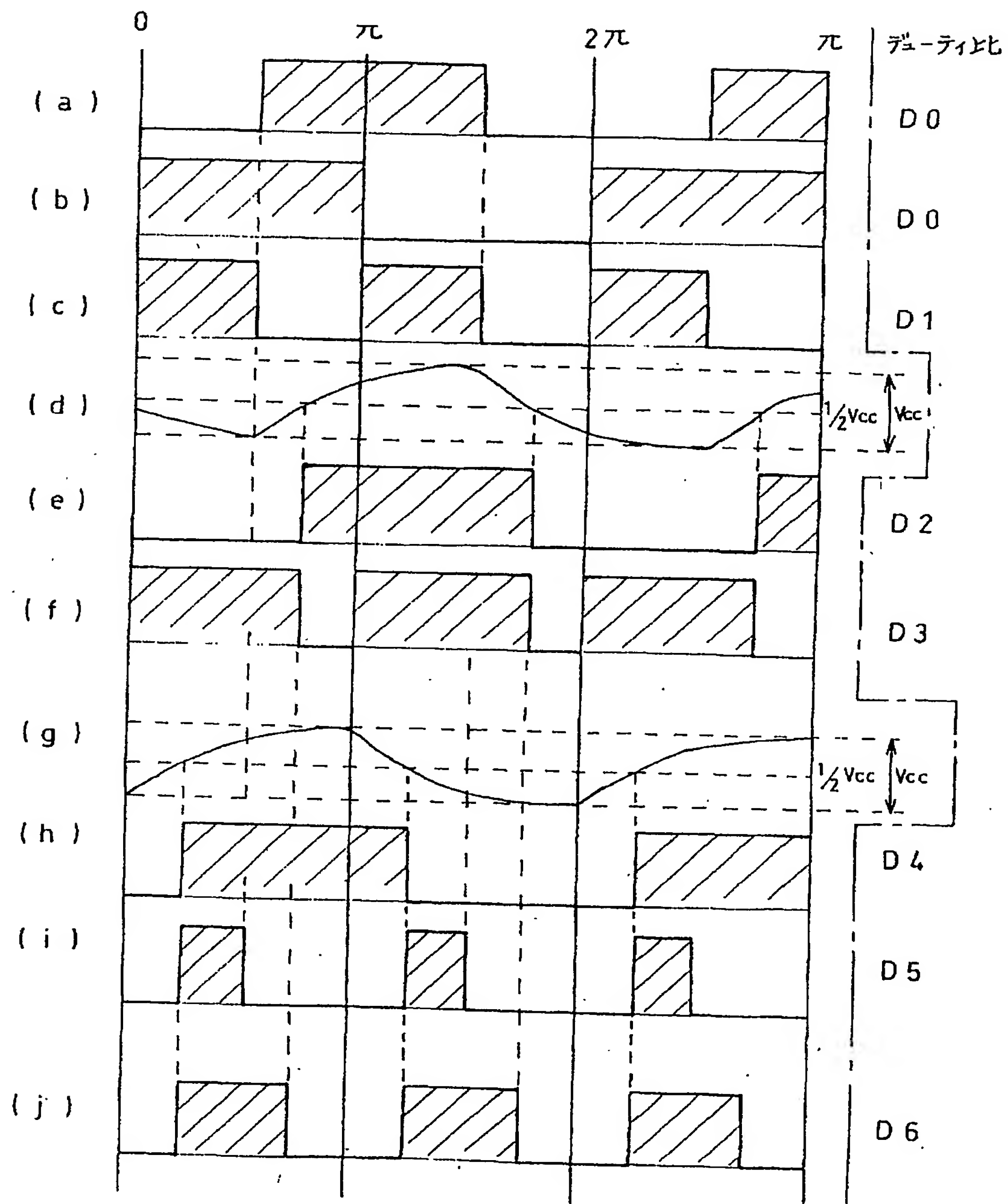
第 7 図



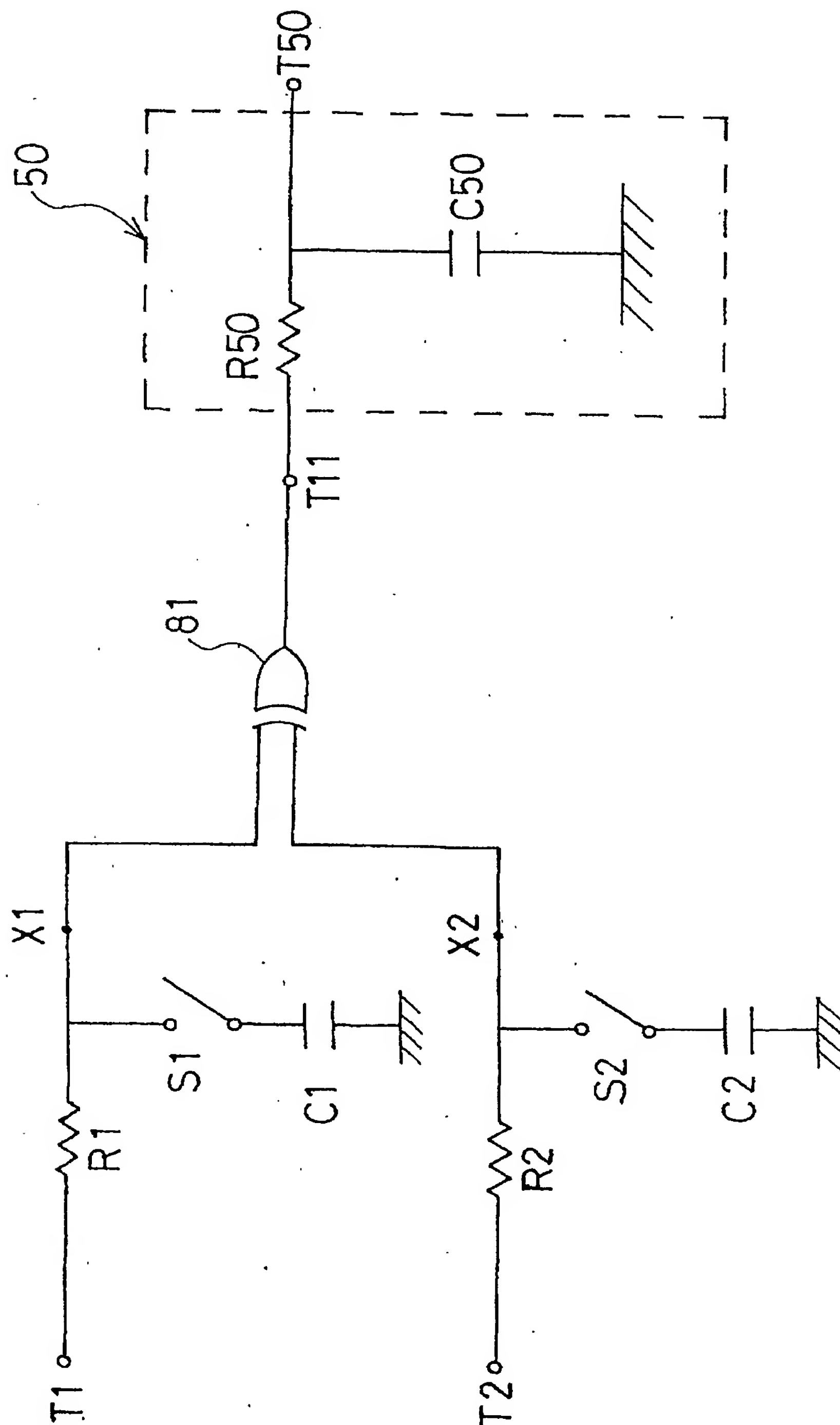
第 8 図



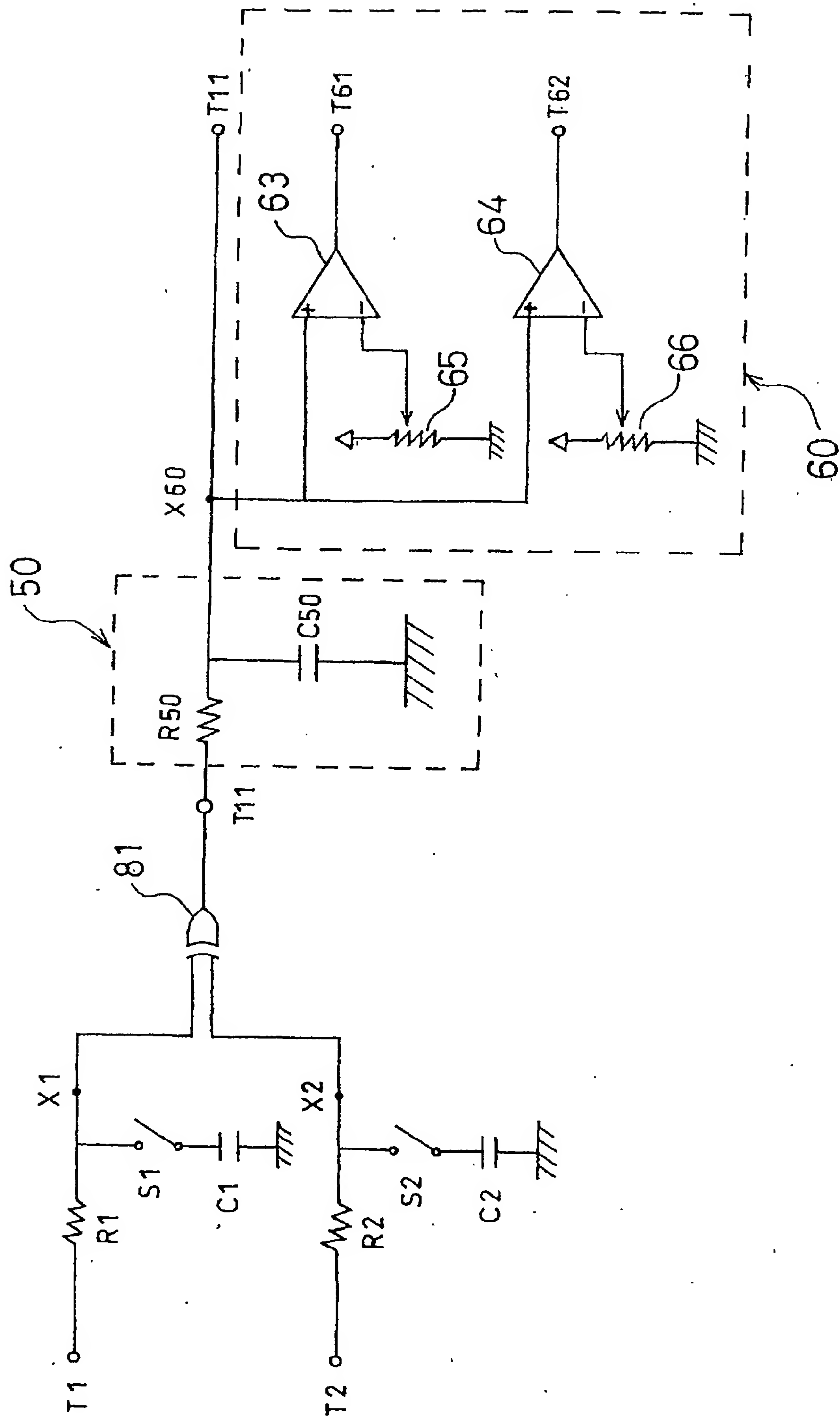
第 9 図



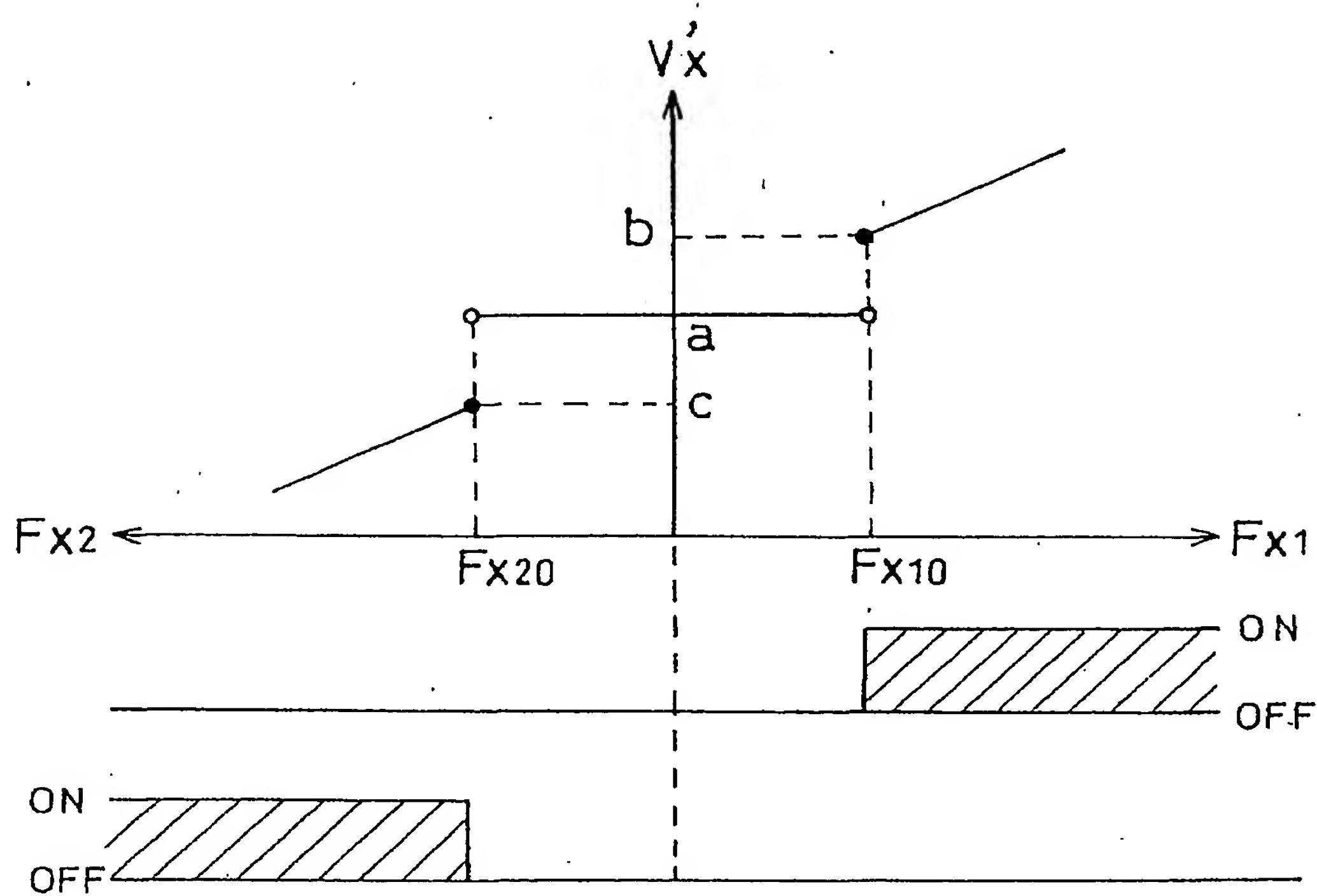
第 1 0 図



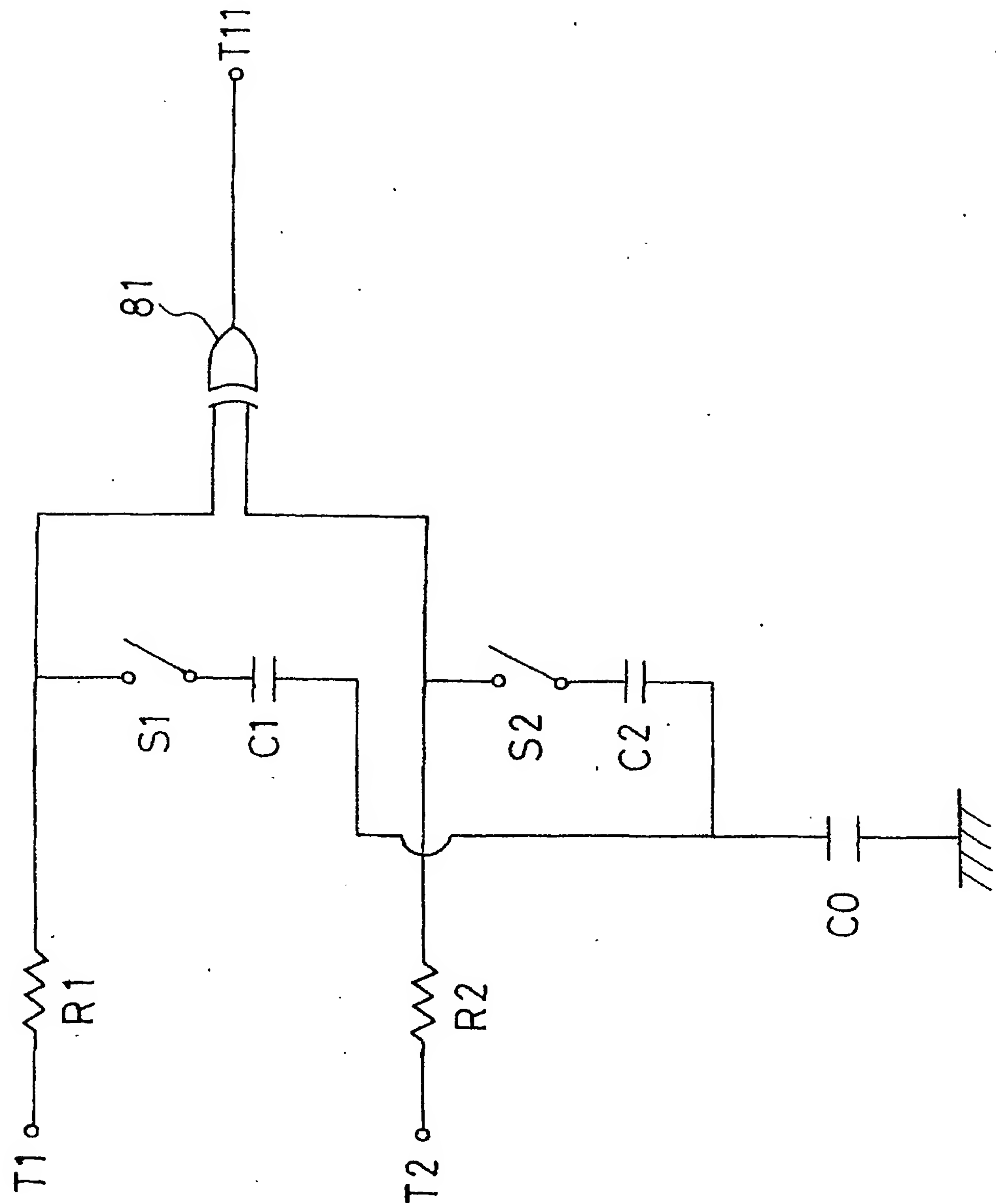
第 1 1 図



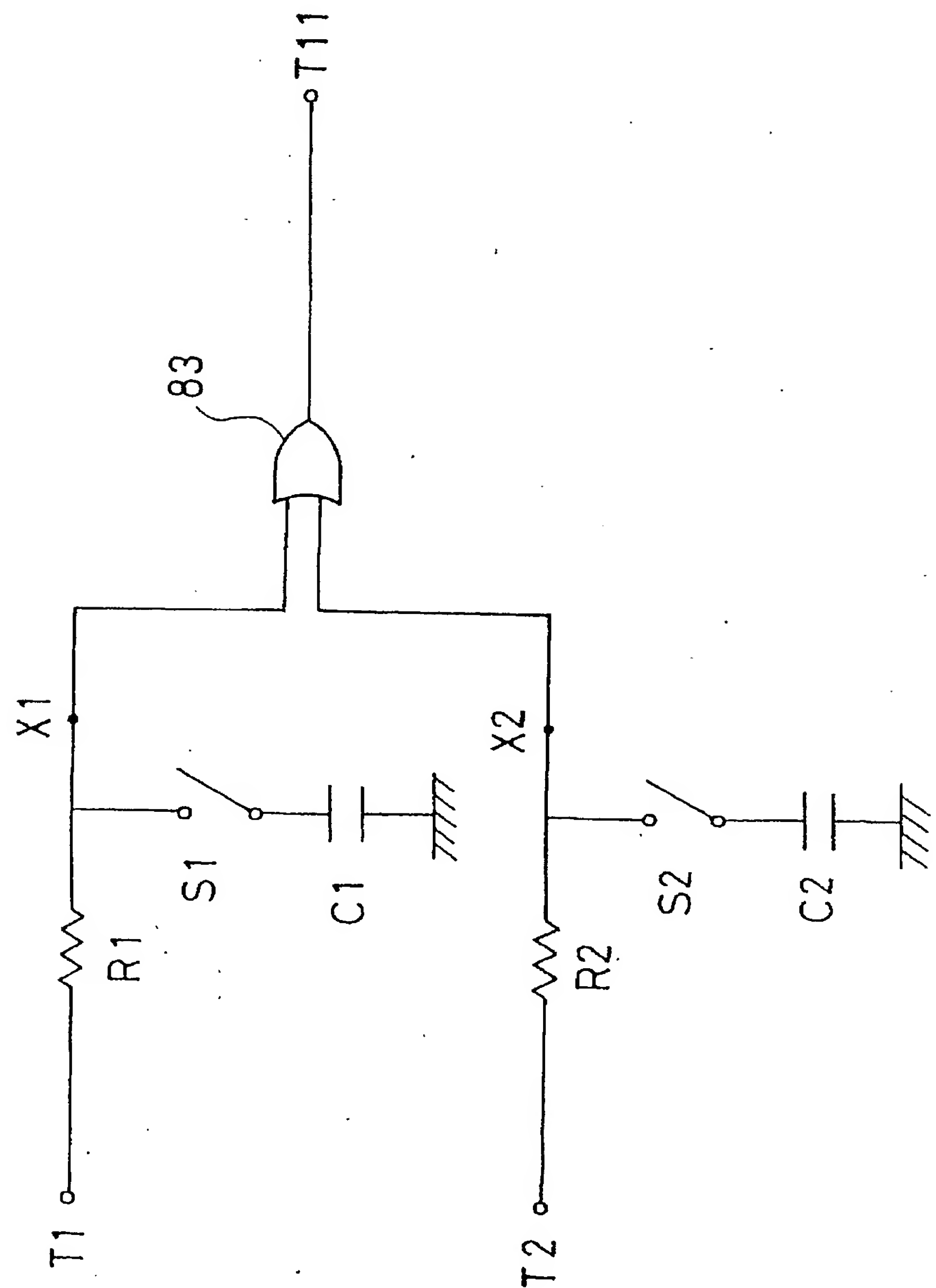
第 1 2 図



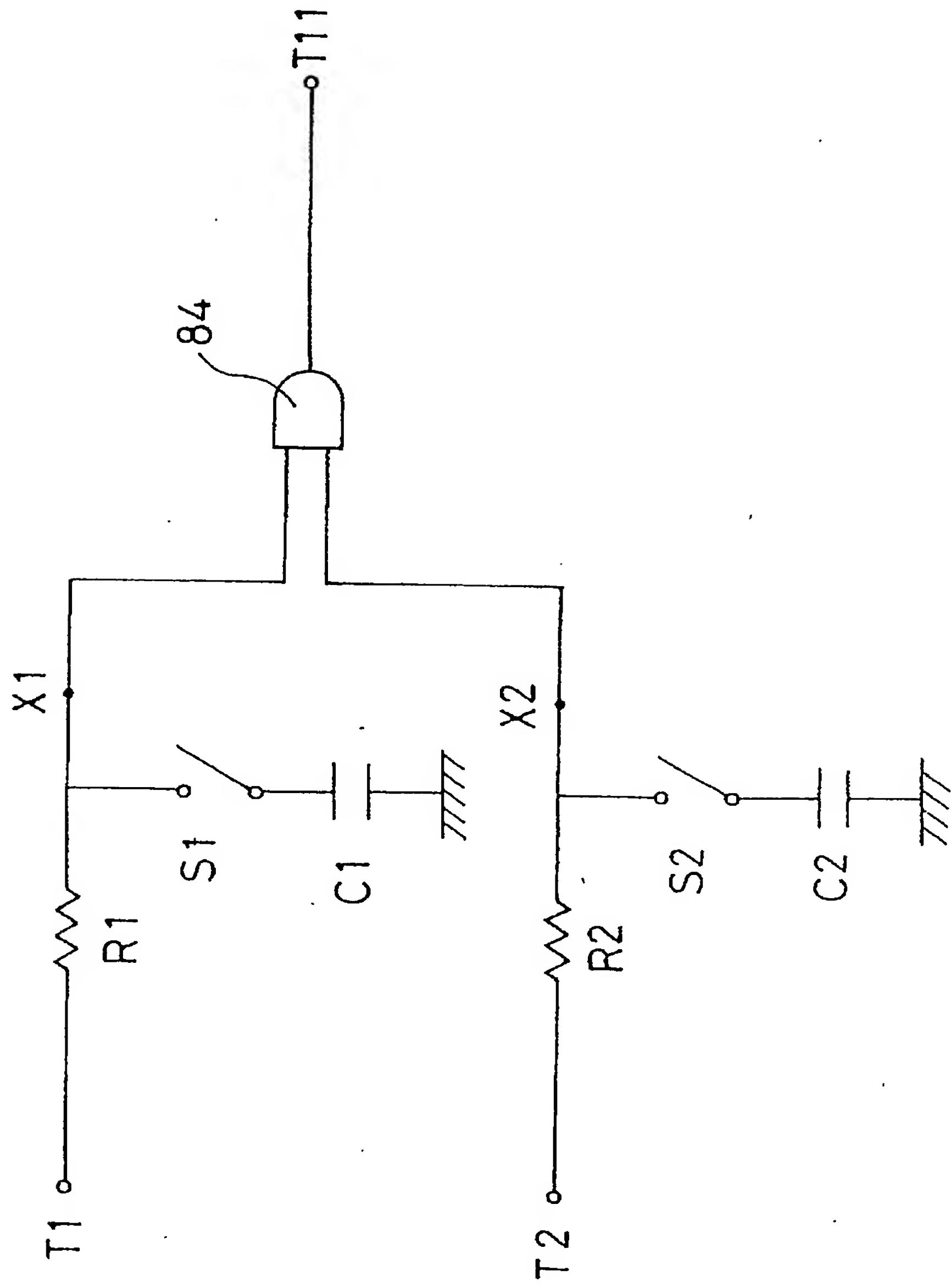
第 1 3 図



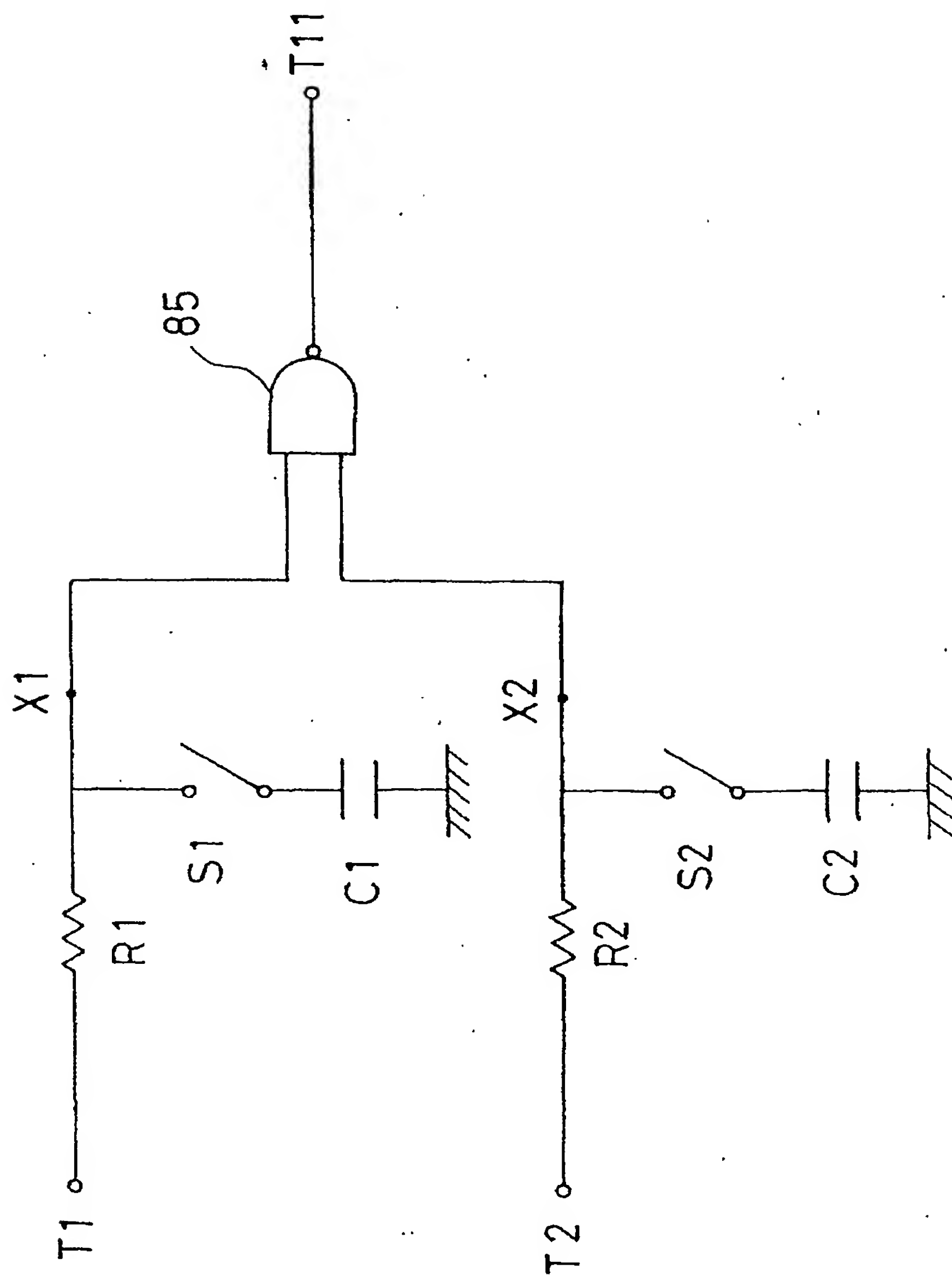
第 1 4 図



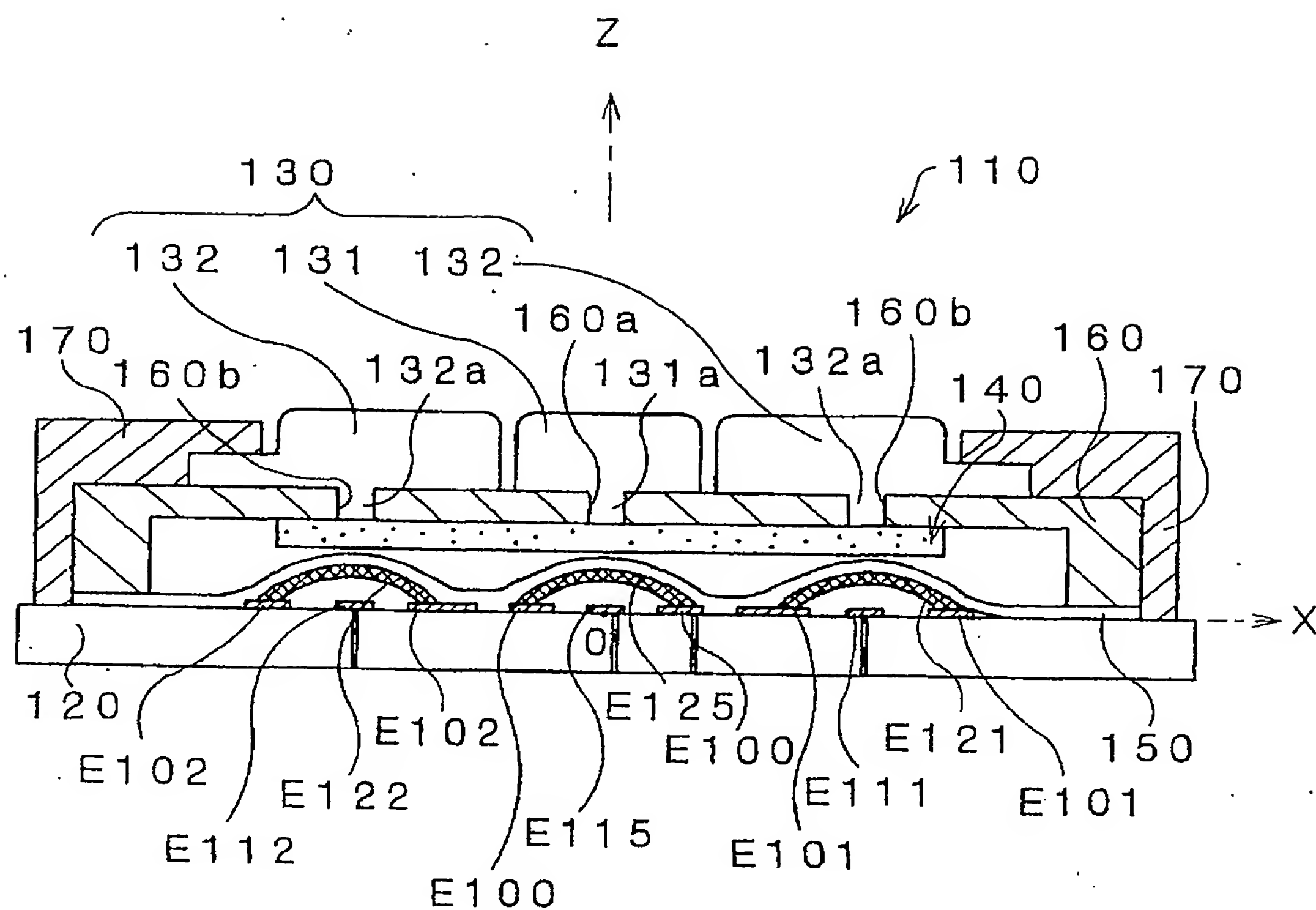
第 1 5 図



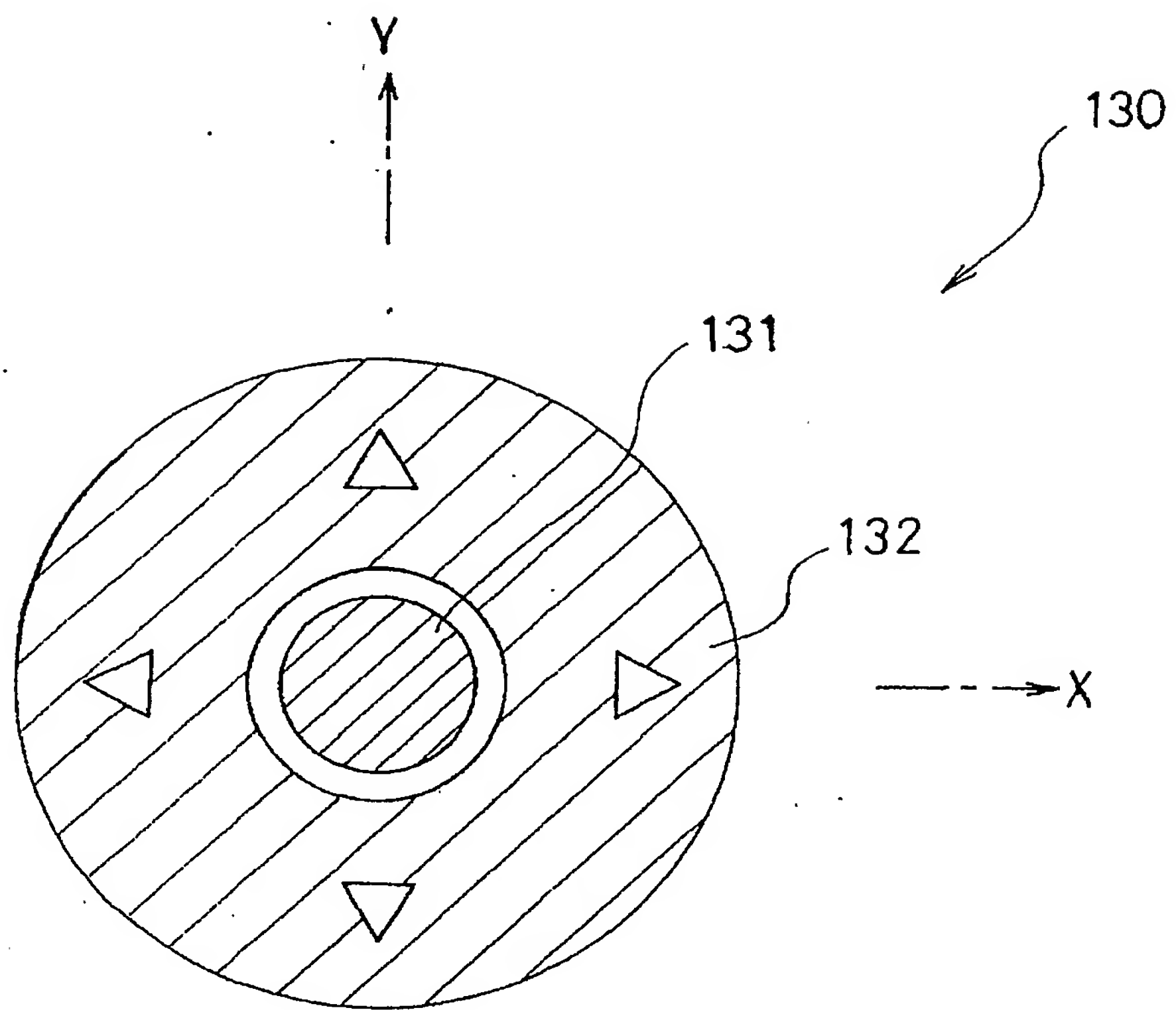
第 1 6 図



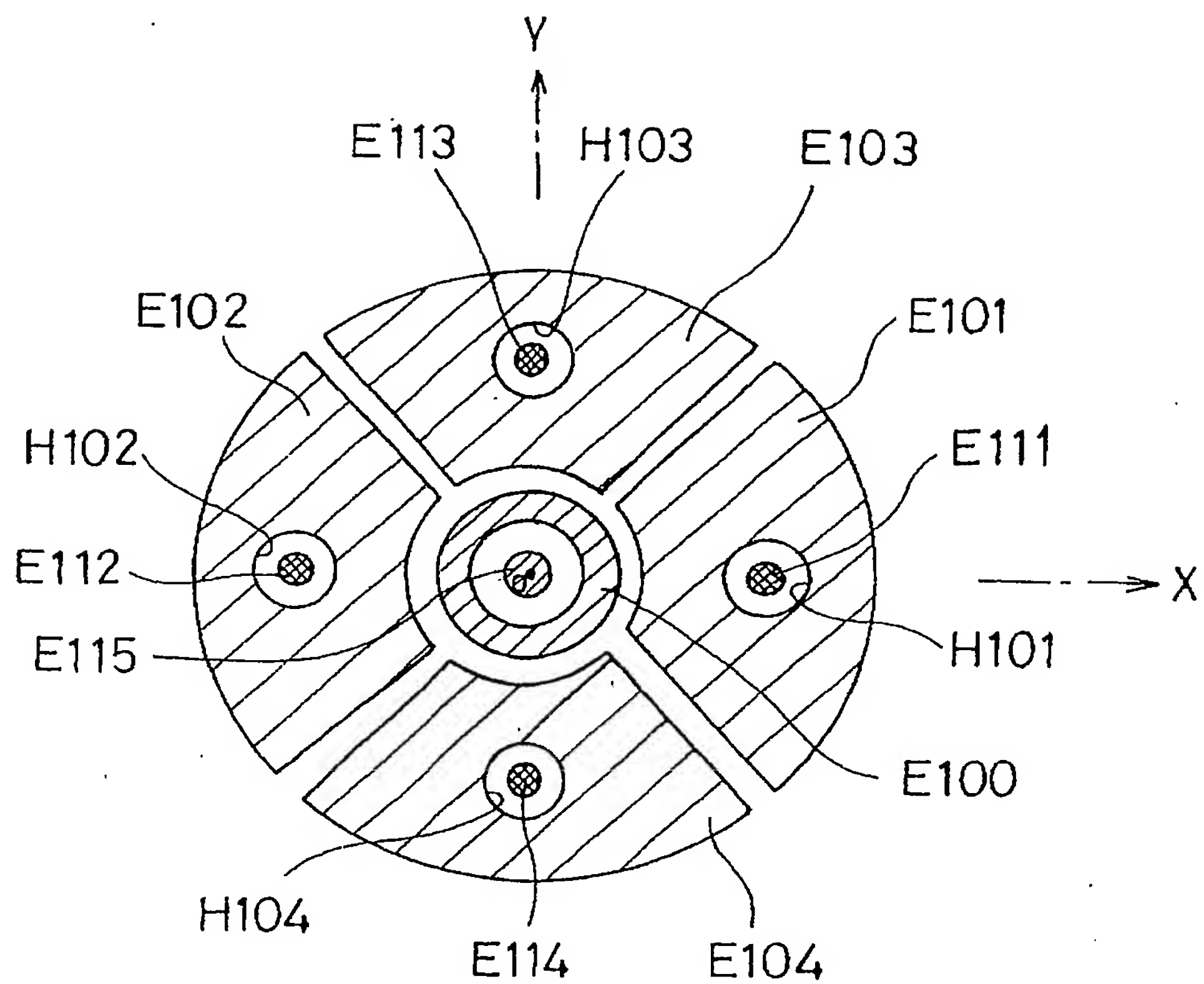
第 1 7 図



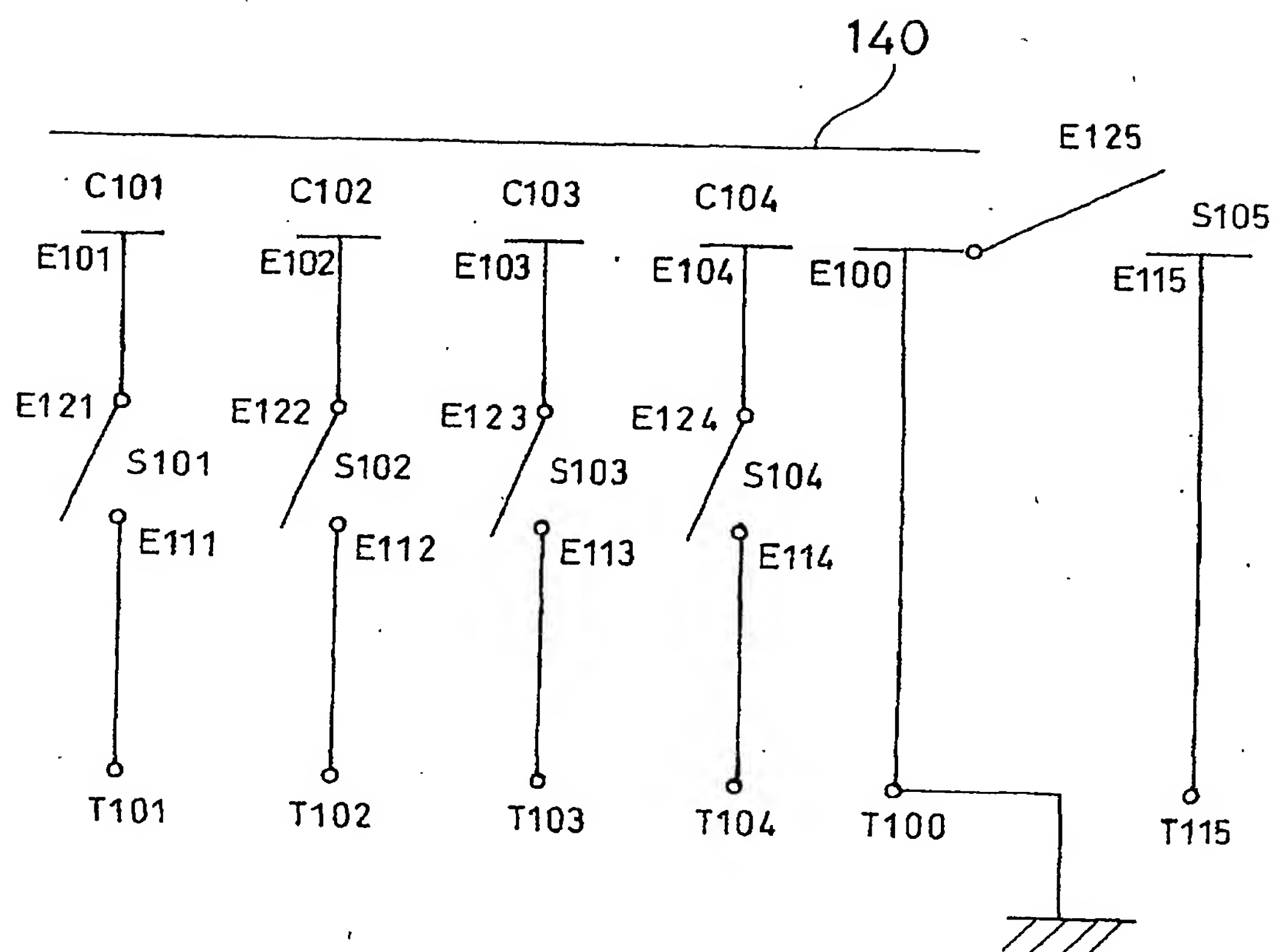
第 1 8 図



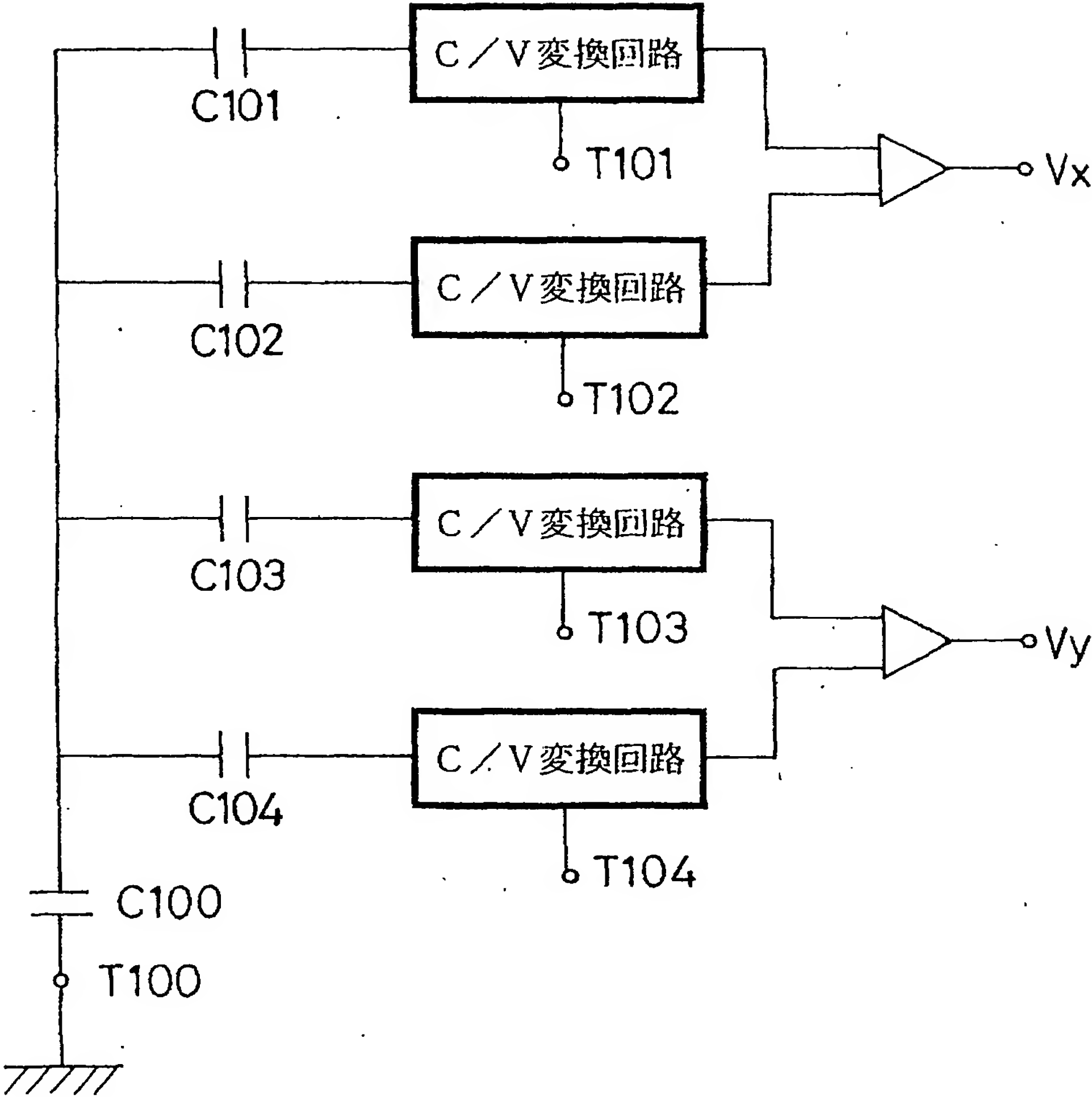
第 1 9 図



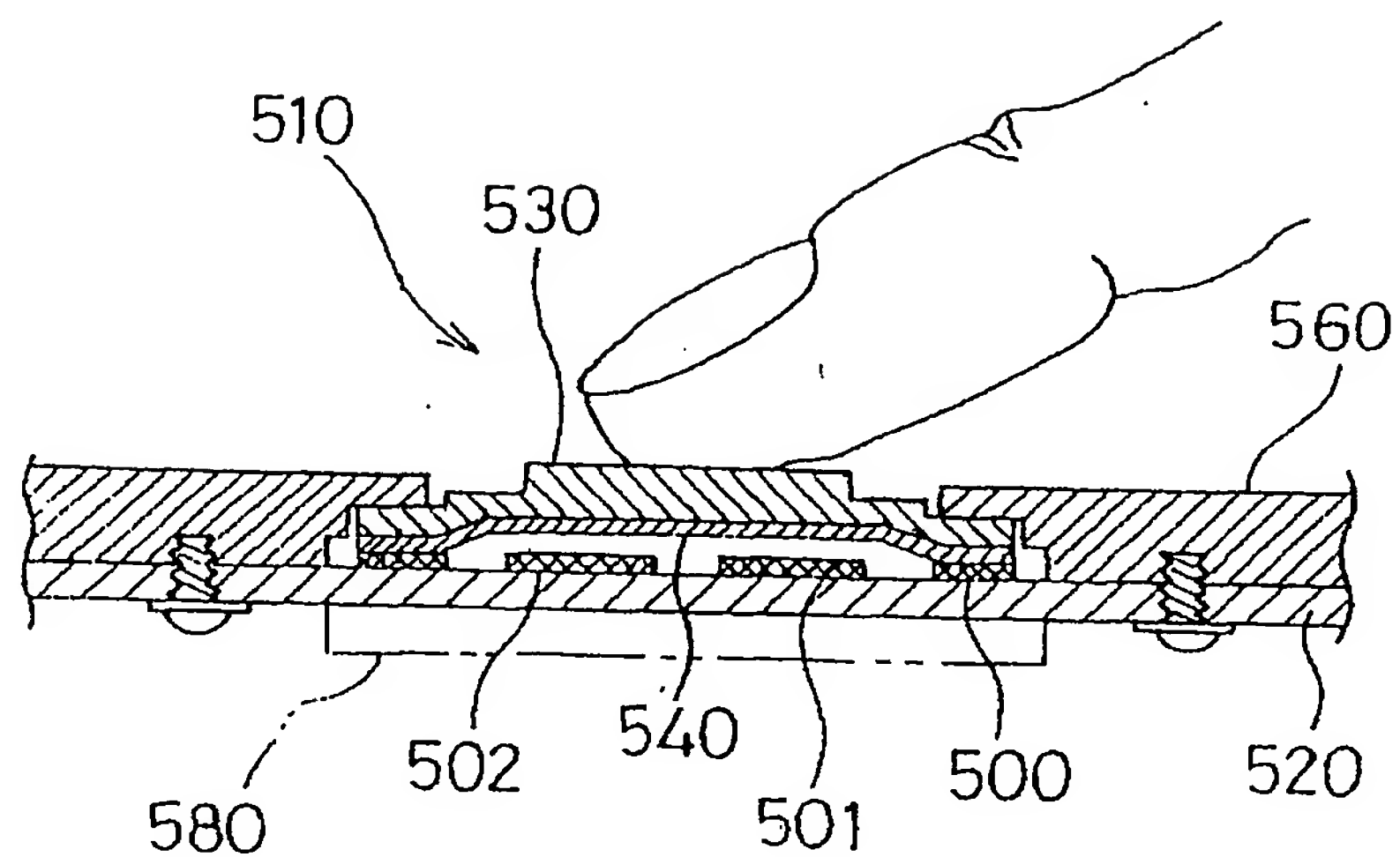
第 20 図



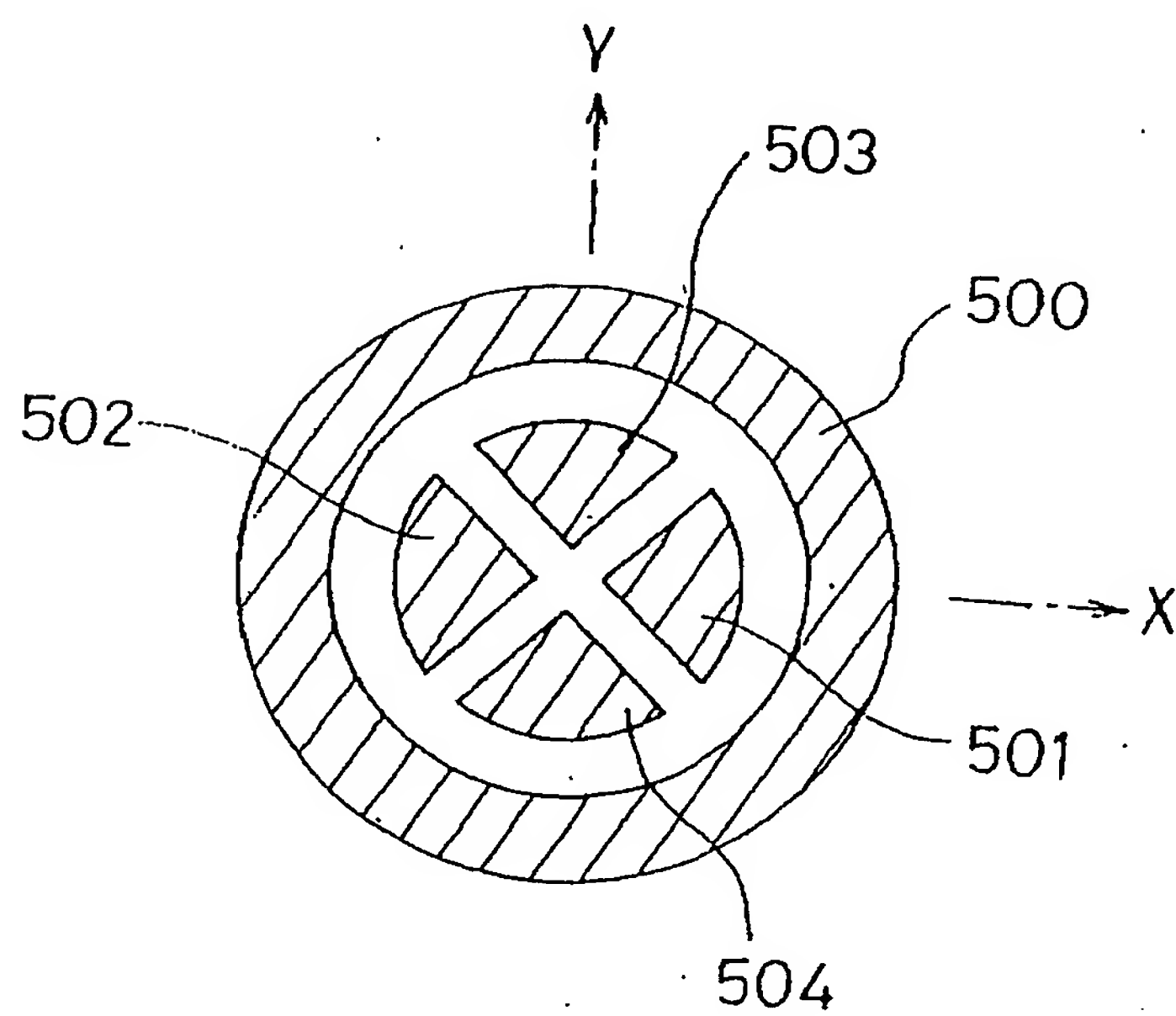
第 2 1 图



第 2 2 図



第 2 3 図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/04098

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ G01L1/14, G01L5/22, G06F3/033

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ G01L1/14, G01L5/22, G06F3/033

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A | JP 11-132872 A (Nitta Corporation), 21 May, 1999 (21.05.99), Full text; all drawings (Family: none) | 1-16 |
| A | JP 3069594 U (Nitta K.K., et al.), 29 March, 2000 (29.03.00), Full text; all drawings (Family: none) | 1-16 |
| A | US 5367199 A (Lefkowitz et al.), 22 November, 1994 (22.11.94), Full text; all drawings & WO 93/22836 A1 | 1-16 |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

| | |
|---|--|
| * Special categories of cited documents: | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone |
| "E" earlier document but published on or after the international filing date | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "&" document member of the same patent family |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means | |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | |

Date of the actual completion of the international search
12 July, 2001 (12.07.01)Date of mailing of the international search report
24 July, 2001 (24.07.01)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01L1/14, G01L5/22, G06F3/033

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01L1/14, G01L5/22, G06F3/033

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

| | |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報 | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2001年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2001年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2001年 |

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|-----------------|---|------------------|
| A | JP 11-132872 A (ニッタ株式会社) 21.5月.1999 (21.05.99) 全文, 全図 (ファミリーなし) | 1-16 |
| A | JP 3069594 U (ニッタ株式会社 他1名) 29.3月.2000 (29.03.00) 全文, 全図 (ファミリーなし) | 1-16 |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12.07.01

国際調査報告の発送日

24.07.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

福田 裕司



2F

9109

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

| C (続き) . 関連すると認められる文献 | | |
|-----------------------|---|------------------|
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
| A | US 5367199 A (Lefkowitz et al) 22.11月.1994(22.11.94) 全文, 全図 & WO 93/22836 A1 | 1-16 |